



Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA



Informe de Trabajo Final de Carrera:

***“Influencia de la mancha amarilla sobre el rendimiento y las variables
reológicas de calidad del grano de trigo”***

Alumna: Espósito Romina Emilia

Nº de legajo: 24065/9

D.N.I: 29.600.979

E-mail: rominaesposito@yahoo.com.ar

Director: PhD. MSc. Ing. Agr. Simón, María Rosa

Co-Director: Dra. Ing. Agr. Fleitas, María Constanza

Fecha de entrega: 8 de Agosto de 2017

AGRADECIMIENTOS

- ✚ A Dios y Jesús por ser mis guías.
- ✚ A mi hijo Luca, por ser tan bueno y esperar mis tiempos de dedicación en la carrera, **a él le dedico este trabajo.**
- ✚ A mi amado Oscar compañero de vida que supo apoyarme y contenerme en cada paso que doy, sea en lo personal como profesional.
- ✚ A mis padres, por las enseñanzas y valores de vida que me dieron desde siempre y por su amor incondicional.
- ✚ A mis amados hermanos y sobrinos, por su aliento y por sus cuidados amorosos.
- ✚ A Constanza Fleitas (Coty) quien no solo es mi co - directora, sino una gran amiga, quien me ayudó desde cerca o desde lejos en todo el camino universitario.
- ✚ A María Rosa Simón, por su ejemplo, tenacidad y perseverancia académica y por considerarnos más que alumnos a la hora de apoyar nuestros proyectos e ideas y brindarnos su cariño.
- ✚ A mis compañeros de la Cátedra de Cerealicultura, con quienes compartí horas hermosas a lo largo de este camino de formación profesional y personal.
- ✚ A mis amigas, Natalia, Marianela y Loli que son mi sostén cuando las necesito.
- ✚ A mi gato Coby, quien me brindó su compañía en las largas horas de estudio.

Doy gracias a la vida por lo que hasta el momento me dio y por este cierre de carrera tan esperado.

ÍNDICE GENERAL	Página
Resumen	4
I. INTRODUCCIÓN	5
i. 1. Características y daños causados por la mancha amarilla	8
II. HIPÓTESIS	11
III. OBJETIVOS	12
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	12
iv. 1. Datos climáticos y de suelo	12
iv. 2. Diseño experimental del ensayo a campo	12
iv. 3. Determinaciones a campo durante el ciclo del cultivo	15
iv. 4. Determinaciones de calidad en laboratorio	15
iv. 5. Análisis estadístico	19
V. RESULTADOS	19
v. 1. Datos climáticos	19
v. 2. Contenido de proteínas en grano y gluten húmedo	23
v. 3. Parámetros del alveograma	25
v. 4. Parámetros del farinograma	28
v. 5. Volumen de pan	31
VI. DISCUSIÓN	33
VII. CONCLUSIÓN	35
VIII. BIBLIOGRAFÍA	35

RESUMEN

Las enfermedades foliares de trigo son las principales restricciones bióticas del rendimiento y la calidad del cultivo, siendo la mancha amarilla, ocasionada por *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.); Drechs. (anamorfo *Drechslera tritici-repentis*) una de las más importantes. El objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia de la mancha amarilla sobre el rendimiento y las variables reológicas de calidad del grano de trigo. El ensayo se llevó a cabo en 2013 en la Estación Experimental Julio Hirschhorn, Los Hornos, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata. Se utilizó un diseño experimental con parcelas divididas con tres repeticiones, las parcelas principales fueron los tratamientos de inoculación: 1- sin aplicación de inóculo y con funguicida (SI); 2- aplicación con baja concentración de inóculo, 3×10^2 esporas ml^{-1} (BCI) y 3- con alta concentración de inóculo, 3×10^3 esporas ml^{-1} (ACI). Las sub-parcelas fueron diez cultivares de trigo de diferente grupo de calidad los cuales fueron considerados otro factor. Se evaluó la severidad de la mancha amarilla en todos los tratamientos y el índice de área foliar total del cultivo en tres estadios del ciclo fenológico. Se calculó el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) y la duración del área foliar verde DAFV. A fin de ciclo se cosechó y estimó el rendimiento de cada uno de los tratamientos. En el laboratorio de Cerealicultura de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP, se hicieron determinaciones del contenido de proteínas en grano (CPG), de gluten húmedo, de las variables de reológicas de calidad panadera (alveograma, y farinograma) y de volumen de pan. Los resultados fueron analizados estadísticamente. El ABCPE presentó valores significativamente más elevados en los tratamientos inoculados respecto al tratamiento SI, lo que ocasionó menores valores de DAFV. Los mayores niveles de ABCPE y menores valores de DAFV se tradujeron en menores rendimiento en los tratamientos inoculados con el patógeno respecto al tratamiento SI. Se observaron medias de CPG y gluten húmedo significativamente superiores en los tratamientos inoculados respecto al testigo (SI). Existió una tendencia, aunque no significativa, a mantener el CPG en los cultivares de grupo de calidad 1 en comparación a los grupos de calidad 3. Respecto a las variables reológicas de alveograma y farinograma, solamente el *P*, el *W* y *A* evidenciaron aumentos significativos ante incrementos de la concentración de inóculo BCI y ACI respecto a los tratamientos SI. Se observaron efectos significativos de los tratamientos de inoculación sobre el volumen de pan, fundamentalmente explicados por incrementos del parámetro *P*, la relación *P/L* y el *A*. para todos los tratamientos, las variables y

parámetros de calidad panadera fueron acordes al comportamiento esperado para el grupo de calidad.

I. INTRODUCCIÓN

El trigo pan (*Triticum aestivum* L.) es uno de los tres cereales más cultivados en el mundo junto al maíz y el arroz. Se lo utiliza para la producción de harinas y sémolas a partir de las cuales se obtienen una gran variedad de productos alimenticios como pan, galletitas, pastas y otros (De la Horra *et al.*, 2012). Aproximadamente un sexto del total de los suelos cultivados del mundo se encuentra destinado a la producción de este cereal.

Actualmente, la producción mundial de trigo ronda los 733 millones de toneladas cultivadas en aproximadamente 252 millones de hectáreas (FAO, 2016). Según trabajos realizados por Rosegrant *et al.* (1995) el pronóstico para la demanda global de trigo para el año 2020 varía entre 840 y 1050 millones de toneladas. Debido a que la superficie cultivada se ha mantenido prácticamente invariable, esto solo puede lograrse con incrementos en el rendimiento.

Los cereales son importantes tanto en la dieta humana como animal por su alto valor alimenticio. Su importancia se debe a que contienen nutrientes en forma concentrada, y para el proceso de industrialización, son fáciles de almacenar, de transportar, se conservan por mucho tiempo y se utilizan como materia prima o como producto elaborado (Sierra, 2012).

El grano de trigo es de forma oval con una ranura profunda en su cara ventral, en un extremo se encuentra el germen y en el otro extremo unos finos pelos capilares denominados cepillo. Su estructura se encuentra formada por tres partes importantes: pericarpio 13 a 15%, el germen 2% a 3%, el endosperma, que alimentará a la planta en su primer periodo de crecimiento, 84 a 85% (Juárez *et al.*, 2014). Debido a su composición, y como la cosecha del trigo se efectúa una vez al año, es necesario almacenarlo y mantenerlo en buen estado para conservar sus propiedades organolépticas, lo cual permitirá elaborar buenos panes y demás productos derivados de la harina de trigo. El grano de trigo está compuesto por células vivas, por lo tanto, es susceptible a una mala conservación y a perder la calidad de sus proteínas y almidones.

El trigo es el cereal de siembra invernal más importante de la Argentina, con un consumo promedio de 72,5 kg de pan por habitante por año, posicionándolo dentro de América como uno de los principales países consumidores de productos panificados elaborados con harina de trigo (Lezcano, 2010). Informes elaborados por la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (2016) para la campaña 2015/16 estimaron una superficie sembrada de 4,37 millones de hectáreas con una producción

de 11,30 millones de toneladas de las cuales 5,60 millones fueron destinados a la molienda. De ese modo, se generan saldos exportables con destino a distintos países de América Latina, siendo Brasil el principal comprador, y luego países de África y Medio Oriente.

Tradicionalmente, Argentina ha vendido su trigo en forma no diferenciada, mientras que países como Australia, Estados Unidos y Canadá proporcionan distintos tipos de calidad del cereal con el fin de abastecer demandas específicas. Esta diferenciación ofrece una garantía en el contenido de proteína y calidad que les permite obtener mejores cotizaciones en el mercado mundial (Fleitas, 2011). Argentina tiene trigos de muy buena calidad si bien luego se mezclan con otros de menor calidad, ofreciéndose al mercado internacional, salvo casos puntuales, trigos *commodities*, sin distinción alguna por aptitud de uso, recibiendo un precio inferior al que podría obtener si clasificara. Así el grano argentino no ingresa en ciertos mercados porque carece de diferenciación y de distinción de uso. Todo indica que en los próximos años se producirá un aumento muy marcado de la demanda por calidades definidas de los trigos.

Desde el ámbito oficial y con el objetivo de satisfacer esta demanda cada día más selectiva de los mercados compradores, se ha puesto en marcha el “Programa Nacional de Calidad de Trigo” promovido por el Ministerio de Agroindustria de la Nación, cuyo principal objetivo es aumentar la competitividad del trigo argentino en términos de su calidad, permitiendo ofrecer una amplia gama de productos de acuerdo con los requerimientos de la demanda. El mercado interno, también se está acomodando a este nuevo desafío, verificándose un cambio muy rápido en los procesos de panificación con una tendencia hacia la panificación industrial, en reemplazo de la artesanal sobre tablas. Paralelamente, la industria molinera ha incrementado la exportación de harinas de calidades diferenciadas según los mercados. La industria actualmente es muy exigente respecto a las características de las harinas que deben ser usadas para la obtención de determinados productos, ya que de ellas depende la calidad final y la mayor aceptación por parte del consumidor (CCABC, 2016).

La calidad es un concepto determinado por un conjunto de distintos factores relacionados todos ellos con la aceptabilidad del alimento. Es un conjunto de atributos que hacen referencia por un lado, a la composición, pureza, tratamiento tecnológico, conservación y por otro, al aspecto sanitario y valor nutritivo del alimento (El

ergonomista, 2009). El clima, el suelo, el cultivar, el manejo, particularmente la nutrición nitrogenada del cultivo, la cosecha y las condiciones de almacenamiento son los responsables de las variaciones anuales en los rendimientos y en las variables de calidad del trigo (Darwich & Darwich, 2004). Las panificadoras industriales necesitan distintos tipos de harina para confeccionar, en procesos altamente automatizados, los diferentes productos panificados (Otamendi, 2004). Al mismo tiempo, la innovación en este sector se vincula con harinas diferenciadas de acuerdo a su destino industrial, denominadas especiales y pre-mezclas, que permiten obtener determinadas características reológicas y propiedades viscoelásticas de las masas (Cuniberti y Menella, 2004). La clasificación de los trigos resulta fundamental para satisfacer la demanda de la industria y de la exportación (Cuniberti, 2011), de manera tal de proveer un producto de idénticas características en forma consistente y homogénea en el tiempo (Otamendi, 2004) y de una calidad específica según el destino final (Cuniberti & Menella, 2004). El cumplimiento de este objetivo permitiría aumentar la credibilidad y la confiabilidad de Argentina en el comercio mundial como país exportador de trigo (Cuniberti, 2011). La definición de la calidad de los trigos y las harinas es un elemento clave para garantizar la obtención del producto esperado. Sin embargo, pese a la cantidad de trabajos destinados a su determinación, es un concepto que permanece en debate.

Los cultivares utilizados en nuestro país han sido clasificados por el Comité de Cereales de Invierno del Instituto Nacional de Semillas (INASE) del Ministerio de Agroindustria de la República Argentina en tres grupos según su comportamiento industrial. Así, en el Grupo 1 se incluyen las variedades correctoras aptas para la panificación industrial, en el Grupo 2, las variedades para panificación tradicional con más de 8 horas de fermentación y, por último, en el Grupo 3, aquellas aptas para panificación directa con menos de 8 horas de fermentación, las cuales poseen parámetros de calidad inferiores, aunque pueden ser altamente eficientes en la generación de rendimiento (González Montaner & Di Nápoli, 2007).

En trigo la calidad es tan importante como el rendimiento. El contenido proteico del grano, es uno de los principales determinantes de la calidad. Este contenido varía ampliamente y es determinado por factores genéticos, la interacción con el ambiente y las prácticas culturales utilizadas, principalmente la fertilización nitrogenada (Darwich & Darwich, 2004). La calidad industrial y la calidad panadera no están determinadas por los mismos parámetros, la calidad industrial del trigo se determina en función del

peso hectolítrico, el peso de mil granos, las cenizas de trigo, el rendimiento de harina y las cenizas de harina. La calidad panadera, hace referencia a la molienda y está en función del contenido de proteínas, el gluten húmedo, el gluten seco, las proteínas, las características que determinan la estructura de la masa como el amasado y el estiramiento (alveograma y el farinograma) y los ensayos de panificación (Castro, 2016).

Es importante destacar que, como se mencionara con anterioridad, los rendimientos y la calidad final del trigo están en función de las prácticas de manejo realizadas, del clima, del suelo pero además se ven afectados por los factores bióticos como ser, plagas, malezas y enfermedades. Así el estrés ocasionado por enfermedades es una de las principales causas de pérdidas de rendimiento y calidad en grano, ya que limita la expresión de los rendimientos potenciales de los cultivares. La utilización de variedades susceptibles, la siembra directa, el empleo de semilla infectada, rotaciones de cultivos no adecuadas, la fertilización, etc.; han determinado en los últimos años, un aumento en la presión del inóculo o sea una cantidad mayor de patógeno capaz de infectar. Las enfermedades foliares “roya de la hoja”, la “mancha amarilla” y la “mancha de la hoja” junto a la “fusariosis” de la espiga están entre las que tienen un mayor impacto en la productividad (Sugliano, 2017). Estos microorganismos que parasitan tejidos foliares afectan el metabolismo normal del proceso de fotosíntesis por inducir alteraciones fisiológicas disminuyendo el área fotosintéticamente activa.

I.1 Características y daños causados por la mancha amarilla

La mancha amarilla del trigo ocasionada por el patógeno necrotrófico *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.); Drechs. (anamorfo *Drechslera tritici-repentis*) (Died.) Shoem. provoca disminuciones en la acumulación de carbohidratos por afectar el área foliar fotosintéticamente activa del cultivo. Esta enfermedad puede ocasionar pérdidas de importancia siendo reportadas a nivel mundial, mermas de rendimiento entre el 3 y 53% en Australia a causa de esta patología según la severidad (Rees & Platz, 1983). Estudios más recientes han documentado reducciones en el rendimiento de entre 6 y 55% (Annone *et al.*, 1994)

Los síntomas de la mancha amarilla se observan desde el estado de plántula, a partir de la emergencia de la plúmula en hojas y vainas. En los cultivares susceptibles se observan lesiones ovales en forma de ojo que luego se alargan y se rodean de un

halo clorótico con un centro más oscuro en el sitio de infección (Fig. 1c) (Bockus & Davis, 1993). En plantas jóvenes las áreas cloróticas tienden a coalescer formando áreas características que le dan el nombre de mancha amarilla a la enfermedad (Moreno *et al.*, 2012). Se ha demostrado que el patógeno produce varias toxinas que son las responsables de los síntomas cloróticos y necróticos a causa de la degradación de paredes celulares.

Como observamos en la imagen del ciclo de la enfermedad (Fig. 2), el mismo posee dos tipos de infecciones, una infección primaria y una secundaria. La infección primaria se inicia a partir de las ascosporas formadas en los pseudotecios presentes del rastrojo o de conidios también formados en el rastrojo, principalmente tallos, o de trigos guachos, o malezas u otras susceptibles. Una vez que se han depositado en la superficie de las hojas las ascosporas o conidios germinan en presencia de agua libre, invaden los tejidos, generan la sintomatología característica de la enfermedad. Principalmente en las lesiones de las hojas basales de las plantas se forman los conidios que son liberados y transportados por el viento iniciando una infección secundaria que afecta a más hojas (Moreno, 2007).

La severidad y el momento de la infección del patógeno dependen de varios factores como la cantidad de inóculo presente, las condiciones ambientales, la raza del patógeno y de la susceptibilidad del cultivar (Cotuna *et al.*, 2015). Es así que, bajo labranza reducida, donde permanecen los residuos infestados con *P. tritici-repentis* (Fig. 2b), la aparición de la enfermedad se produce más temprano que bajo labranza convencional (Mehta & Gaudencio, 1991).

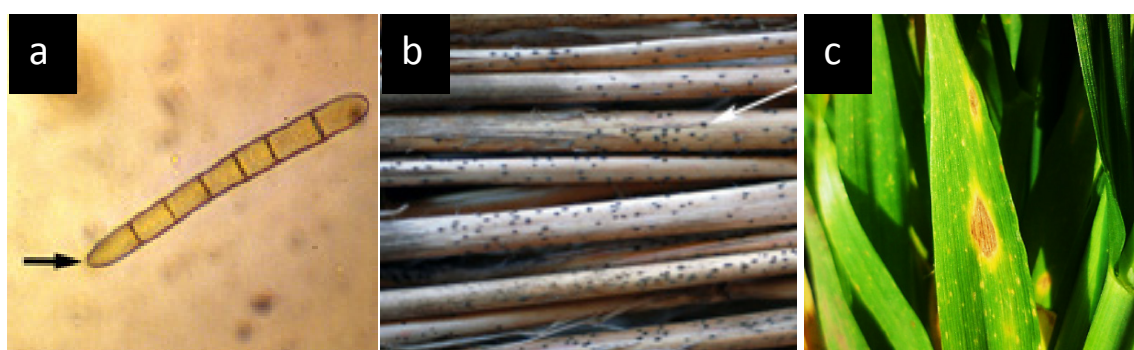


Figura 1: a. Conidios de *Drechslera tritici-repentis* (Imagen: Wegulo, 2011). b. Pseudotecios de *Pyrenophora tritici-repentis* sobre tallos de trigo (Imagen: Wegulo, 2011). c. Síntomas de la enfermedad sobre hojas de trigo (Fleitas, 2017).



Figura 2: Ciclo de la mancha amarilla.

Algunos autores consideran a los restos culturales como la principal fuente de inóculo de este patógeno (Rees & Platz, 1980; Wright & Sutton, 1990) aunque existen otras de importancia como las semillas infectadas, las que son capaces de transportar al patógeno a grandes distancias y a zonas donde no existía y, otros hospedantes alternativos (*Agropyron* sp., *Avena fatua*, *A. sativa*, entre otros). En este sentido, el incremento de inóculo de este patógeno registrado en la actualidad se atribuye al aumento de la superficie sembrada bajo siembra directa, sumado a la falta de rotaciones con cultivos no susceptibles y al uso de cultivares susceptibles (Moreno *et al.*, 2012).

En cuanto a las condiciones requeridas para el proceso de dispersión de inóculo e infección son necesarias temperaturas entre 10° a 30° C, elevada humedad relativa y de 6 a 48 h de alta humedad relativa (Sah, 1994). Dado que muchos de nuestros cultivares de trigo carecen de un adecuado nivel de resistencia genética a la mancha amarilla, la protección química es un método usual para su control. Lo más usual es optar por fungicidas sistémicos o sus mezclas del grupo de los triazoles, las estrobilurinas y más recientemente incorporadas, los carboxamidas. En cuanto al momento de la aplicación del fungicida es de gran importancia debiendo considerarse que el cultivo debe llegar al período crítico (30 días antes de floración y los 10 días posteriores según Fisher (1985), con un área foliar máxima para una mejor intercepción de la radiación.

Es conocido que la longevidad de las hojas influencia directamente en el rendimiento del grano, pero se ve seriamente disminuida por estrés ambiental (Benbella & Paulsen, 1998). La duración del periodo verde de la hoja bandera es particularmente importante porque contribuye con un 30-50% de los fotoasimilados para el llenado de grano, es por ello que la longevidad de ésta se correlaciona estrechamente con la acumulación de materia seca en el grano. Así, ante la presencia de la mancha amarilla que afecta el área fotosintéticamente activa del cultivo, se podría esperar una disminución en la acumulación de carbohidratos en el grano lo que podría inducir a una concentración de proteínas en el mismo, de acuerdo a lo sugerido por Simón *et al.* (2012). Contrariamente, incrementos en el rendimiento podrían comprometer el contenido de proteína del grano, debido a que los niveles de éstas quedarían diluidos por la producción adicional de carbohidratos (Dimmock & Gooding, 2002). La reducción de la enfermedad por medio de fungicidas favorece el mantenimiento del área verde y a su vez permite que el proceso de llenado de granos, con la consiguiente acumulación de carbohidratos, se lleve a cabo con normalidad, por lo cual se "diluye" la proteína y disminuye su porcentaje.

Autores como Dimmock & Gooding (2002) y Gooding (2006) indicaron que cuando los patógenos controlados con fungicida son biotróficos, tales como las royas, la concentración de proteínas se incrementa. Esto es debido a que el patógeno provoca mayor daño sobre la acumulación y partición del nitrógeno (N) en el grano, que el que provoca sobre la acumulación y partición de la materia seca, lo que conduciría a una modificación de las propiedades reológicas de la harina.

En el caso de patógenos necrótrofos o hemibiotrófos, Dimmock & Gooding (2002) mencionaron que cuando se controlan patógenos como *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) J. Schröt. [anamorfo *Zymoseptoria tritici* (Desm.) Quaedvl. & Crous] (agente causal de la mancha de la hoja), el uso de fungicida estuvo asociado a una reducción en la concentración de proteínas en el grano y a una variación en las propiedades reológicas de la harina, esto es debido a lo mencionado anteriormente en donde estos patógenos al afectar la acumulación de hidratos de carbono se incrementa la concentración de proteínas en el grano. Así, Gooding *et al.* (1994) encontraron que el contenido de proteína en grano y el índice de caída se redujeron de manera significativa con el control de *M. graminicola*. Recientemente en Argentina, Castro (2016) encontró incrementos significativos en el contenido de proteína en grano, en la tenacidad y en la fuerza de la masa en harinas provenientes de granos cosechados de plantas afectadas por la mancha de la hoja. Para la mancha amarilla,

Rees & Platz (1982) verificaron incrementos del contenido de proteínas en grano ante un incremento en la severidad de la enfermedad, con una reducción sustancial del rendimiento de grano.

Por otro lado, Dimmock & Gooding (2002) sugieren que cultivares específicamente mejorados para calidad panadera son capaces de mantener la acumulación de N en el grano con altos rendimientos mucho más eficientemente que cultivares mejorados para galletita (de menor calidad).

De acuerdo a lo mencionado, si bien existen numerosos estudios acerca del efecto de la mancha amarilla en el rendimiento del trigo, a la fecha no se dispone de información sobre el efecto de la enfermedad sobre los parámetros de calidad panadera y no es posible asimilarla con la información sobre *M. graminicola* ya que éste es un patógeno hemibiótrofo mientras que el agente causal de la mancha amarilla es necrotrófico, por lo que sería de esperar que el efecto de *P. tritici-repentis* fuera más contundente en cuanto a aumentar el porcentaje de proteína del grano y en su efecto en las variables reológicas. Es así que surgen las siguientes hipótesis y el objetivo del presente trabajo:

II. HIPÓTESIS

- ✓ La inoculación de plantas de trigo con *P. tritici-repentis* disminuye el rendimiento por disminuir el área foliar verde y, por lo tanto, la fuente de fotoasimilados.
- ✓ La inoculación con *P. tritici-repentis* conduce a un aumento en el contenido de proteína en el grano, por un efecto de concentración al reducir los rendimientos.
- ✓ La concentración de proteína en los granos provenientes de plantas inoculadas con *P. tritici-repentis* conduce a modificaciones en las variables reológicas de calidad en comparación con los provenientes de plantas no inoculadas.
- ✓ Los cultivares de Grupo de calidad 1, de mejor aptitud panadera, presentan menores variaciones del contenido de proteína en grano que los del grupo de calidad 2 y 3 cuando son inoculados con *P. tritici-repentis*.

III. OBJETIVO

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la mancha amarilla sobre el rendimiento y la calidad (porcentaje de proteína en grano, porcentaje de extracción, contenido de gluten, parámetros alveográficos, parámetros farinográficos y volumen de pan) en cultivares de trigo de diferente grupo de calidad.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

IV.2. Datos climáticos y de suelo del sitio del ensayo

Durante el ciclo del cultivo se registró diariamente la temperatura media, precipitaciones, humedad relativa y radiación incidente en la estación meteorológica situada a 200 m de los ensayos. El suelo del sitio del ensayo fue un Argiudol típico (Serie Los Hornos) con los siguientes resultados de análisis (Tabla 1).

Tabla 1: Resultados del análisis de suelo en el sitio de los ensayos a dos profundidades.

	Profundidad 0-20 cm	Profundidad 20-40 cm
pH (1:2,5)	6,15	5,89
Carbono [%]	1,92	
Materia Orgánica [%]	3,31	
Nitrógeno total [%]	0,170	
Nitratos [ppm]	26,3	22,5
Fósforo [ppm]	16,1	

IV.1. Diseño experimental del ensayo a campo

El ensayo se llevó a cabo durante 2013 en la Estación Experimental Julio Hirschhorn, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina (34° 52' LS; 57° 58' LO).

A fines de dar cumplimiento al objetivo propuesto se realizó inicialmente un diseño experimental que consistió en una parcela principal la cual fue dividida en subparcelas. La parcela principal fueron los distintos tratamientos de inoculación: 1-sin inocular, con fungicida (testigo) y 2- inoculado con *P. tritici-repentis* sin aplicación de

fungicida. En las subparcelas se sembraron 10 cultivares de trigo de ciclo intermedio a largo y de diferentes grupos de calidad detallados en la Tabla 2. Se realizaron 3 repeticiones.

La preparación del suelo consistió en una labranza convencional, mediante disco, rastra y rolo. En todas las subparcelas se realizó un barbecho químico con glifosato para control total de las malezas mientras que en post-emergencia temprana se aplicó 100 cm³ Misil® (dicamba 48% - metsulfuron metil 60%). La siembra se realizó con una sembradora experimental a 20 cm entre líneas con una densidad de 250 plantas m⁻². Las subparcelas experimentales tuvieron un largo de 5,50 m y un ancho de 1,40 m siendo la superficie de cada una 7,7 m². Entre las parcelas principales se realizó la interseembra de avena (*Avena sativa* L) para disminuir el traspaso de inóculo entre parcelas.

Se aplicó 100 kg N ha⁻¹ en dos momentos bajo la formulación de urea granulada (46-0-0). La primera fertilización se realizó a la siembra y la segunda hacia fines de macollaje [estadio de crecimiento (EC) 25, (Zadoks *et al.*, 1974)]. La fertilización fosforada se realizó a la siembra mediante fosfato tricálcico granulado (0-46-0) a razón de 50 kg ha⁻¹.

El inóculo de *P. tritici-repentis* se preparó a partir de una cepa del hongo obtenida de una colección de un aislamiento de plantas enfermas.

Se preparó el medio de cultivo utilizando caldo V8®, que fue autoclavado, y vertido en cajas de Petri. El hongo fue sembrado en ellas para multiplicación del inóculo bajo cámara de flujo laminar. Las cajas se incubaron durante 15-21 días a 23° C +/- 2° C en alternancia de luz y oscuridad para favorecer la esporulación del hongo. Una vez cumplido ese lapso, se rasparon las colonias mediante agua destilada y una espátula con lo cual se obtuvo una suspensión que se filtró y luego ajustó a una alta concentración de 3×10³ esporas ml⁻¹ utilizando la cámara de Neubauer y una baja concentración de 3 × 10² esporas ml⁻¹.

Tabla 2: Detalle de los cultivares de trigo de diferentes grupo de calidad (GC) utilizados en el ensayo (información brindada por los criaderos).

Cultivar	GC	Descripción
ACA 315 (A315)	1	Ciclo Largo a intermedio de porte vegetativo semi-erecto. MR a roya de la hoja. MS a mancha amarilla y septoriosis. MR a <i>Fusarium</i> spp.(fusariosis de la espiga)

Klein Yarará (KYará)	1	Ciclo intermedio a largo de porte vegetativo erecto. MR a roya de la hoja, septoriosis y mancha amarilla. MR a <i>Fusarium</i> spp.
Sursem LE 2330 (SLE2330)	1	Ciclo Intermedio a Largo. De porte vegetativo semi-erecto. MR a roya de la hoja, MR a septoriosis, mancha amarilla y <i>Fusarium</i> spp.
Nidera Baguette 11 (Bag11)	2	Ciclo Intermedio a Largo. De porte vegetativo semi-erecto. MS a roya de la hoja, MR a septoriosis, MS-MR a mancha amarilla y <i>Fusarium</i> spp.
Buck SY 100 (BSY100)	2	Ciclo intermedio de porte vegetativo semi-rastrero. Susceptible a roya de la hoja. MR a mancha amarilla y MR a <i>Fusarium</i> spp.
ACA 303 (A303)	3	Ciclo intermedio a Largo de porte vegetativo semi-erecto. MR a roya de la hoja. MS a mancha amarilla y septoriosis. MR a <i>Fusarium</i> spp.
Nidera Baguette 17 (Bag17)	3	Ciclo Intermedio. De porte vegetativo semi-rastrero. Susceptible a roya de la hoja, MR a septoriosis, MS a MR a mancha amarilla, MS a <i>Fusarium</i> spp.
Nidera Baguette 18 (Bag18)	3	Ciclo Intermedio. De porte vegetativo semi-rastrero. Susceptible a roya de la hoja, MR a septoriosis, MR a mancha amarilla, MS a MR a <i>Fusarium</i> spp.
BioINTA 3004 (BINTA3004)	3	Ciclo Largo de porte vegetativo semi-erecto. MR a roya de la hoja. MS a mancha amarilla. MS a <i>Fusarium</i> spp.
Klein Guerrero (KGuerrero)	3	Ciclo Largo. De porte vegetativo semi-rastrero. MR a roya de la hoja, septoriosis, mancha amarilla y <i>Fusarium</i> spp.

MR: moderadamente resistente; MS: moderadamente susceptible.

En las parcelas inoculadas con *P. tritici-repentis* se realizaron dos aplicaciones de inóculo en macollaje EC 25 y en hoja bandera desplegada (EC 39). Para la inoculación se utilizaron 800 ml de suspensión conidial (inóculo, agua destilada y tensioactivo, Tween 20, a razón de 0,5 ml L⁻¹) por parcela y por aplicación. A partir de las 48 h posteriores a la inoculación se realizaron sucesivas pulverizaciones con agua para mantener las condiciones de humedad necesarias para el desarrollo de la enfermedad, siguiendo ciclos de mojado de 10 a 15 minutos cada 2 horas.

En las parcelas testigo, sin inocular se aplicó fungicida Orquesta™ Ultra compuesto por una triple mezcla de una carboxamida, un triazol y una estrobilurina (fluxapyroxad 50g L⁻¹, epoxiconazole 50 g L⁻¹ y pyraclostrobin 81 g L⁻¹). El producto se aplicó en dos oportunidades: la primera en pleno macollaje (EC 23) y la segunda en hoja bandera desplegada (EC 39), utilizando una mochila de gas carbónico con pastillas de abanico plano. El volumen aplicado fue de 140 L ha⁻¹ con una dosis de 1,2 L ha⁻¹ de producto (recomendada por marbete).

IV.3. Determinaciones a campo durante el ciclo del cultivo

En EC 39, EC 60 (inicio de antesis) y EC 82 (grano pastoso) se evaluó la severidad de la enfermedad mediante la estimación visual del porcentaje del área foliar afectada por la mancha amarilla sobre el total de la hoja.

Con los valores de severidad de las evaluaciones en los estadios de crecimiento se calculó el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) siguiendo la fórmula desarrollada por Shaner & Finney (1977). Además, se calculó el índice de área foliar (IAF), que es la expresión numérica adimensional resultado de la división aritmética del área de las hojas de un cultivo expresada en metros cuadrados y el área del suelo sobre el cual se encuentra establecido, también expresado en metros cuadrados (Intagri, 2015). Esta evaluación se realizó mediante el conteo de macollos en 2 m lineales y la medición de todas las hojas con al menos 10% de tejido verde en siete macollos corregidos por el factor de forma de 0,835 (Miralles & Slafer, 1990). Mediante las estimaciones de severidad se calculó el índice de área foliar verde (IAFV) en los tres estadios de evaluación. Con las medias de IAFV se determinó la duración del área foliar verde (DAFV) según Waggoner & Berger (1987).

Al finalizar el ciclo, al estado de madures se cosechó un surco de 5,5 m (1,1 m²) como estimador del rendimiento por tratamiento y repetición. Luego, se realizó la trilla y las semillas fueron llevadas al laboratorio.

IV.4. Determinaciones de calidad en laboratorio

Para la evaluación del efecto de la mancha amarilla sobre la calidad del trigo se tomaron muestras de granos de los diferentes tratamientos y fueron analizados en el laboratorio de Cerealicultura de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP.

El **contenido de proteínas en grano** (CPG) se determinó preliminarmente utilizando el método Micro-Kjeldhal. El valor obtenido se multiplicó por el factor 5,7 para calcular el porcentaje de proteína y se ajustó a una humedad final de 14%.

Otro de los análisis fue la determinación de **gluten húmedo y seco** para lo cual previamente se molieron muestras de cada uno de los tratamientos con una humedad constante de 15,5% utilizando un molino experimental automático Bühler® MLU-202. Para el análisis de gluten húmedo y seco se utilizaron muestras de 10 gr de

harina según la norma IRAM 15864 utilizando un Glucomatic® el cual obtiene el contenido de gluten por el método de lavado automático (Fig. 3).

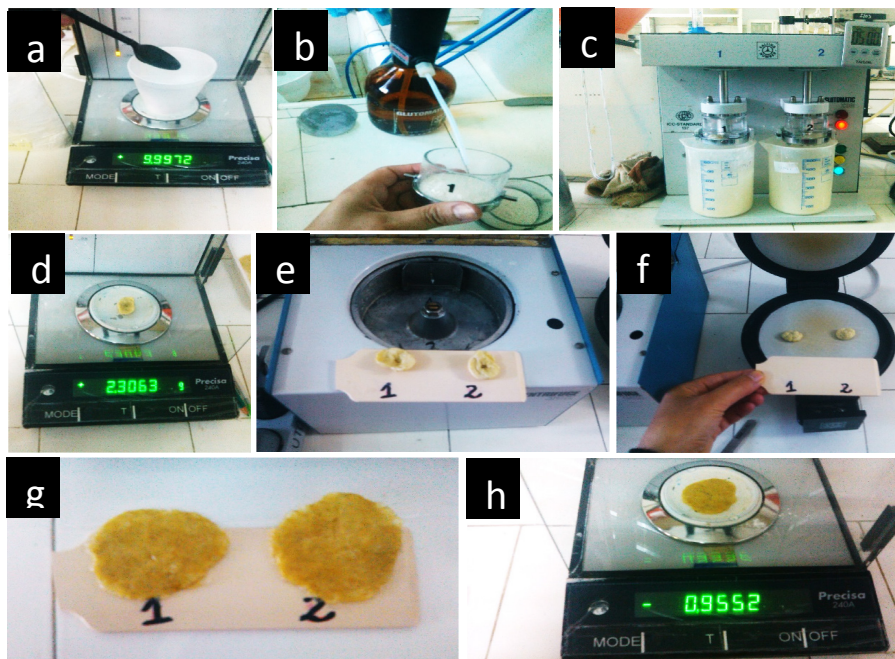


Figura 3: Secuencia de pasos, para la determinación de gluten húmedo y gluten seco. De izquierda a derecha. a. balanza de precisión donde se pesa la muestra de harina; b. dosificador de agua destilada; c. mezcladora del equipo Glucomatic que lava la harina mientras la amasa, separando el gluten por filtrado; d. pesada del gluten húmedo; e. equipo de centrifugado; f. Glutork® que retira el agua por calor; g. muestra de gluten seco; h. pesada de gluten seco.

Las **variables alveográficas** se obtuvieron mediante el análisis de una muestra de 250 g de harina según lo especificado en la norma IRAM 15857 utilizando un alveógrafo de Chopin®. El método del alveógrafo consiste en obtener un diagrama de la resistencia que opone la masa a una cierta deformación. La superficie y forma de la curva promedio y el hinchamiento obtenido da una indicación de las características reológicas de la harina y su aptitud industrial. El procedimiento consiste en obtener una masa con un contenido constante de agua, a partir de harina de trigo y agua con sal (NaCl) bajo condiciones especificadas. Luego, se preparan 5 pastones de masa con un espesor determinado los cuales son cortados en discos y dispuestos en una fermentadora por un tiempo establecido. Los discos de masa aplanados se insuflan para formar un alvéolo o burbuja. Las variaciones de presión dentro del alvéolo se grafican en función del tiempo (Fig. 4d). A partir de la forma y el área bajo la curva de los alveogramas obtenidos se evalúan las propiedades de la masa. Los resultados se obtuvieron a partir de cálculos realizados con las cinco curvas obtenidas,

correspondientes a los alvéolos. Las variables fueron calculadas mediante reglas o ábacos con los cuales fue posible determinar las variables detalladas en la Tabla 3.

Tabla 3: Descripción de las variables alveográficas.

Variable	Descripción
<i>P</i>	Tenacidad (variable de presión máxima): es proporcional al valor de la máxima presión ejercida dentro del alvéolo, la cual está relacionada con la resistencia que pone la masa a la deformación (tenacidad). El valor de <i>P</i> es igual al producto del promedio de la máxima ordenada (en mm) y un factor <i>K</i> igual a 1,1 (o <i>K</i> =2 en caso de manómetro hidráulico).
<i>L</i>	Extensibilidad (promedio de las abscisas): El valor de la abscisa en el punto de ruptura de cada curva se mide en mm desde el origen de la curva hasta el punto que, verticalmente, corresponde a la caída de presión, debido a la ruptura del alvéolo. El promedio de los valores de la abscisa de las distintas curvas representa el largo <i>L</i> (extensibilidad).
<i>P/L</i>	Relación <i>P/L</i>: Por convención, esta relación recibe el nombre de relación de configuración de la curva y es el cociente entre los valores promedio de <i>P</i> y <i>L</i> .
<i>W</i>	Fuerza del gluten: Es la energía de deformación de la masa requerida para inflar el alvéolo hasta que se rompe, en base a 1gr de masa, expresado en 10 ⁻⁴ Joules (J). Para su cálculo, se dibuja un gráfico promedio sobre la base del promedio de las ordenadas hasta el valor promedio de la abscisa <i>L</i> en el punto de ruptura. El área del gráfico en cm ² se mide usando la regla correspondiente o por medio de un planímetro. Este valor se multiplica, por el factor 6,54, el cual es un coeficiente válido para un tiempo de rotación del tambor de 55 seg desde que empieza hasta que termina de girar, un flujo constante de aire de 96 l/h y un manómetro hidráulico de coeficiente <i>K</i> = 1,1.

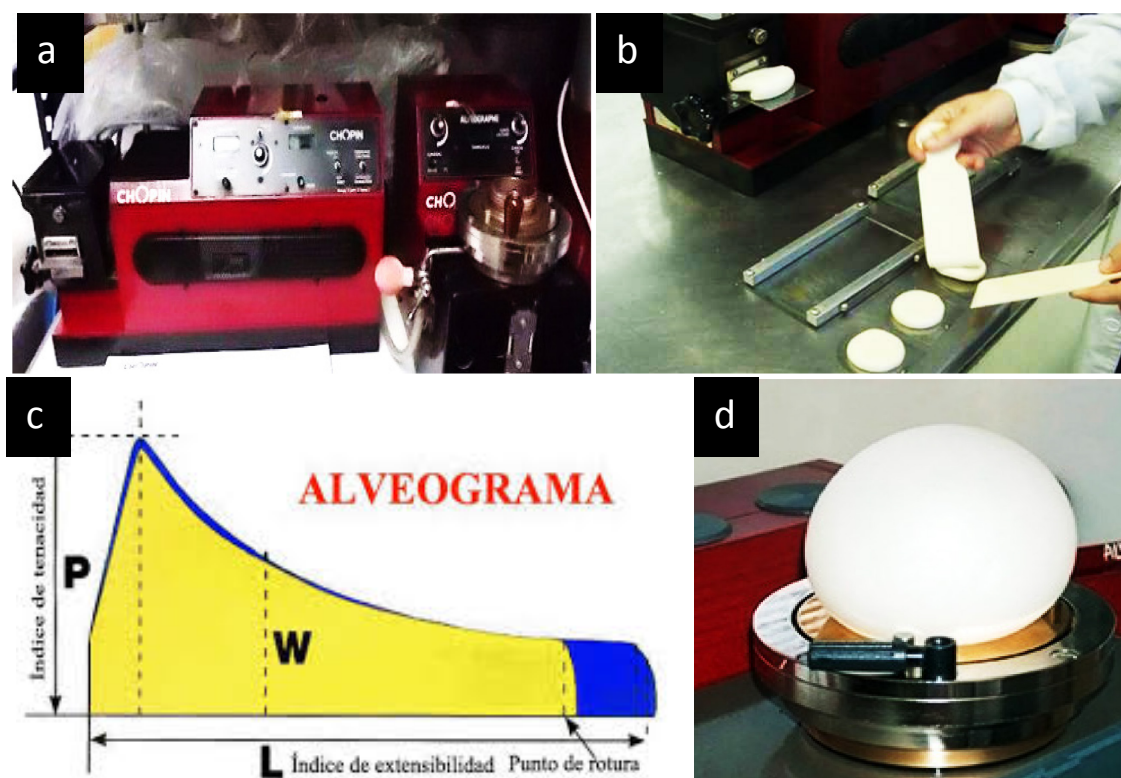


Figura 4. Detalle del método del alveógrafo para estudio de calidad de trigo. Arriba de izquierda a derecha: a. Alveógrafo de Chopin; b. Los discos son cortados y llevados a la fermentadora del equipo; Abajo: de izquierda a derecha: c. las 5 curvas de los discos son registradas en papel colocado en un tambor el cual gira en función del tiempo; d. Cada disco es insuflado con aire para obtener la deformación biaxial. (Fuente: Tatipastry, 2012)

A los fines de analizar las **variables farinográficas** se realizó el análisis de una muestra de 50 gr. de harina de cada uno de los ensayos y por cada repetición según lo especificado en la norma IRAM 15855 utilizando un farinógrafo de Brabender®. Este equipo determina gráficamente las reacciones de la masa frente a un trabajo de amasado, la obtención de la estructura óptima, su permanencia en ese estado y su posterior ablandamiento. Se registran los cambios que produce el amasado en la estructura de la masa mediante una curva. A fin de trabajar siempre en idénticas condiciones y a una misma temperatura, la pequeña amasadora que posee el equipo, se mantiene a una temperatura constante mediante un termostato que establece una circulación de agua caliente entre las dobles paredes de la amasadora (Fig. 5c). Una vez obtenido el farinograma, éste muestra la resistencia que opone la masa a un trabajo mecánico continuo en función del tiempo, en condiciones constantes de ensayo. Dicho equipo da valores de variables estandarizadas cuya descripción se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4: Descripción de las variables farinográficas.

Variable	Descripción
A	Absorción de agua de la harina: Se mide en ml directamente desde la bureta del equipo y es el volumen necesario para obtener una masa con una consistencia máxima de 500 UF (unidades farinográficas). Cuanto mayor sea la cantidad de agua absorbida para alcanzar las 500 UF, mayor el volumen de pan.
B	Tiempo de desarrollo de la masa: Es el tiempo transcurrido (expresado en min) entre el instante que comienza el agregado de agua y el instante en el que se alcanza la consistencia máxima de la masa. Un desarrollo rápido de la masa, indica un menor tiempo de trabajo de amasado en la industria.
D	Estabilidad de la masa: Se mide en min y es la diferencia de tiempo entre el punto en que la parte superior de la curva alcanza por primera vez la línea de las 500 UF y el punto en el que la deja. Cuanto más ancha sea la curva, más elasticidad y extensibilidad tendrá la masa y mayor la posibilidad de obtener una panificación de gran volumen. A su vez, cuanto mayor sea la estabilidad, tanto más larga será la fermentación y tanto mayor será el esfuerzo que la masa podrá soportar.
E	Grado de ablandamiento de la masa: Es la diferencia entre el centro de la curva en el punto en el que comienza la declinación y el centro de la curva 12 min después de éste medidas en unidades UF.

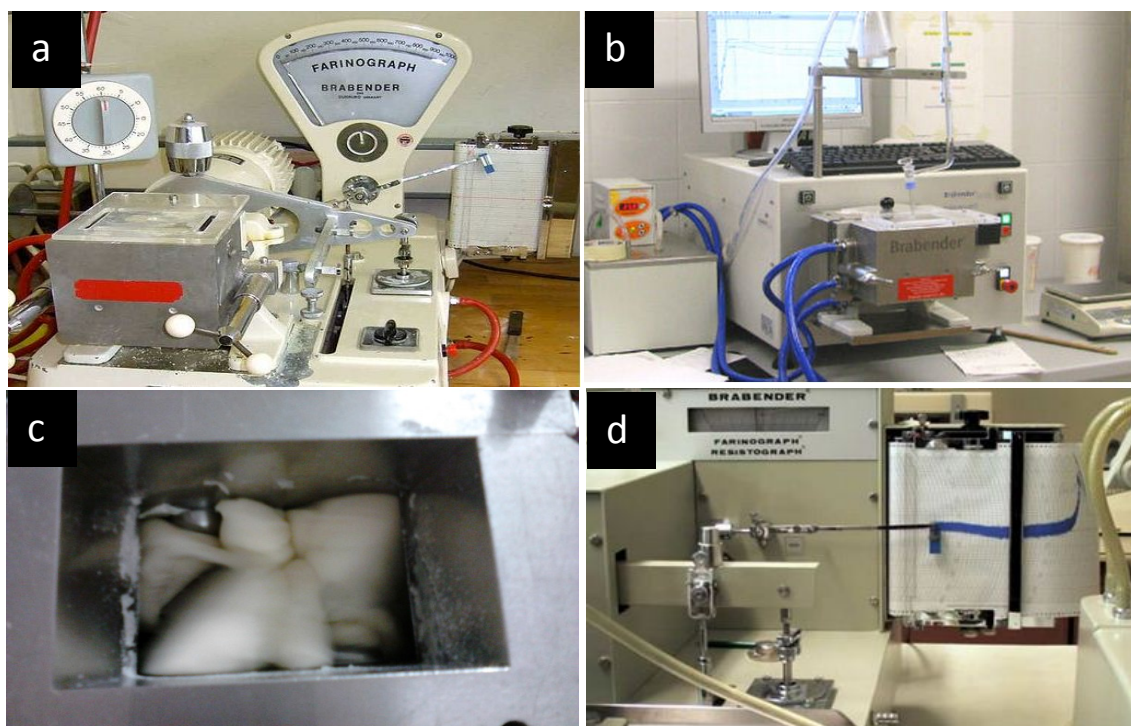


Figura 5: Equipos utilizados para el análisis de las variables farinográficas Arriba: de izquierda a derecha: a. Farinógrafo de Brabender y b. bureta de la cual se realiza la lectura de la absorción de agua. Abajo: de izquierda a derecha: c. amasadora de 50 gr. y d. mecanismo de registro.

Para el análisis de la variable **volumen de pan** se utilizó una muestra de 100 gr. para cada ensayo y por cada repetición y se procedió según la norma IRAM 15858-1.

Finalmente, se realizaron ensayos de panificación según sugiere la norma IRAM 15858-1 y se determinó el volumen del pan (VP) (cm³) de cada una de las muestras analizadas a través de la metodología por desplazamiento de semillas de colza en probetas graduadas luego de una hora de terminada la cocción.

IV.5. Análisis estadístico

El análisis de datos se realizó mediante un ANAVA para parcelas divididas mediante el programa GenStat 12th Edition (VSN, 2009). Las medias se compararon mediante el test LSD ($p=0,05$). Asimismo, los parámetros de calidad se analizaron con un análisis de regresión múltiple de Stepwise utilizando el volumen de pan como variable dependiente.

V. RESULTADOS

V.1. Datos climáticos

En el año del ensayo, las mayores precipitaciones se registraron en los meses de septiembre y noviembre, superando ampliamente a las medias históricas, pero las medias entre los meses de junio y diciembre fueron menores que la media histórica (Tabla 5). Las temperaturas durante el ciclo del cultivo fueron semejantes a las medias históricas y la humedad relativa media de cada mes fue superior al 70%.

Tabla 5: Temperatura media, máxima y mínima (°C); humedad relativa media (%) y precipitaciones (mm) mensuales durante el periodo de cultivo en 2013 en Los Hornos, Buenos Aires, Argentina. Se incluyen valores climáticos históricos de temperatura media y precipitaciones periodo 1964-2009.

	Temperatura (°C)				Humedad relativa (%)		Precipitación (mm)	
	Media	Max	Min	Hist.				Hist.
Jun	10,0	16,0	4,5	10,6	84,0	Jun	10,4	54,3
Jul	9,80	14,8	5,1	10,2	87,0	Jul	46,0	62,1
Ago	10,0	16,0	4,5	11,5	73,0	Ago	7,20	59,2
Sep	11,9	17,0	7,3	13,5	84,0	Sep	151	67,9
Oct	16,1	21,5	11,1	16,5	83,0	Oct	28,8	96,1
Nov	18,9	24,3	13,6	19,2	83,0	Nov	141	98,6
Dic	24,2	30,8	17,7	22,3	71,0	Dic	30,3	80,6

Media	14,4	20,0	9,1	14,8	80,7	Total	414	519
--------------	-------------	-------------	------------	-------------	-------------	--------------	------------	------------

V.2. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE), duración del área foliar verde del cultivo (DAFV) y rendimiento en grano

En la Tabla 6 se presentan los resultados del ANAVA de las variables de ABCPE, DAFV y rendimiento en grano. El ABCPE se incrementó significativamente en los tratamientos inoculados (promedio 69,2%) respecto al testigo SI (Fig. 6). Con respecto a los cultivares, SLE2330 y BSY100 presentaron los mayores niveles de severidad de mancha amarilla en tanto que para los cultivares Klein Guerrero y Baguette 11 se observaron los menores valores.

Tabla 6: Cuadrados medios (ANAVA) y valores de p del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE), duración del área foliar verde del cultivo (DAFV) y rendimiento en grano en un ensayo de trigo inoculado con *P. tritici-repentis* con tres tratamientos de inoculación y diez cultivares.

Fuente de Variación	GL	ABCPE	DAFV	Rendimiento
Inoculación (I)	2	2109008**	54152**	19402618*
Error	4	74704	1062	1255424
Cultivar (C)	9	536694***	2232***	3504777 ***
I × C	54	119455	553	873991
Error b	18	69701	591	872081
TOTAL	89			

(* valores de $p < 0,05$; ** valores de $p < 0,01$; ***valores de $p < 0,001$)

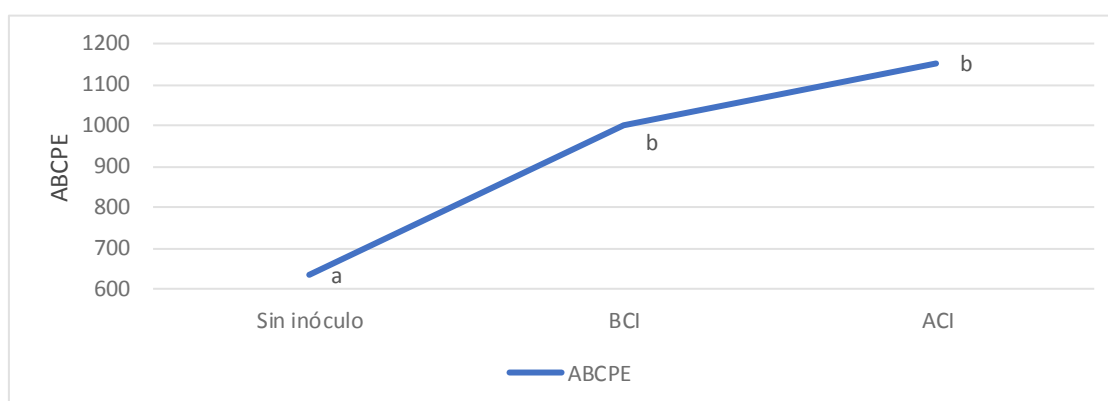


Figura 6: Medias del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) para los tratamientos sin inóculo, con baja concentración de inóculo (BCI) y alta concentración de inóculo (ACI). Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD, $P \leq 0,05$).

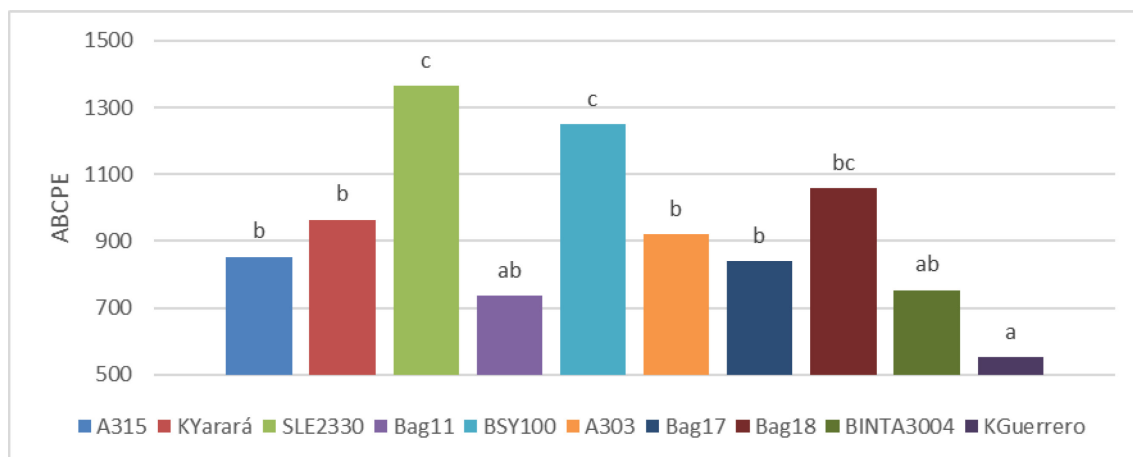


Figura 7: Medias del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) de los diferentes cultivares. Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD, $P \leq 0,05$).

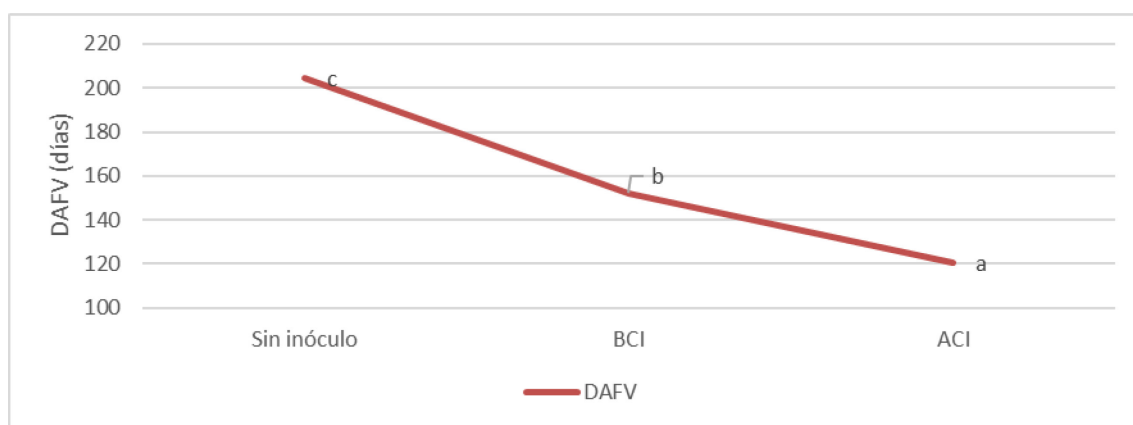


Figura 8: Medias de la duración del índice de área foliar verde del cultivo (DAFV) para los tratamientos sin inóculo, con baja concentración de inóculo (BCI) y alta concentración de inóculo (ACI). Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD, $P \leq 0,05$).

En los tratamientos en los que se inoculó se observó que disminuyeron de manera significativa la DAFV en relación al testigo SI (Tabla 6). Los tratamientos que fueron inoculados a baja concentración (BCI) mostraron una disminución de un 25,6% la DAFV en tanto que los que fueron inoculados a alta concentración evidenciaron disminuciones del orden del 41,5% (Fig. 8). Con respecto a los cultivares, el cultivar SLE2330 presentó la menor DAFV en tanto que A303, Bag17, BINTA3004, KGuerrero y A315 se destacaron por poseer los mayores niveles de DAFV (Fig. 9).

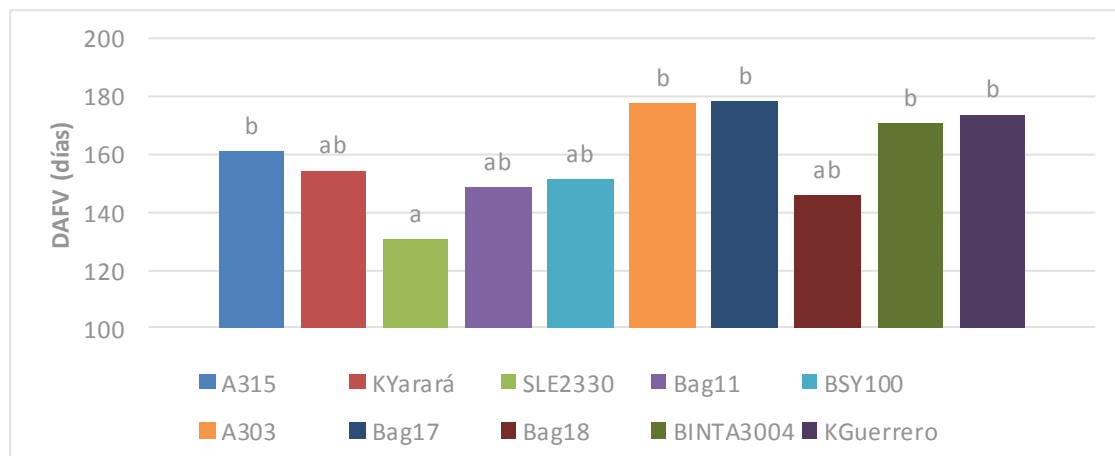


Figura 9: Medias de la duración del índice de área foliar verde del cultivo (DAFV) de los diferentes cultivares. Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD, $P \leq 0,05$).

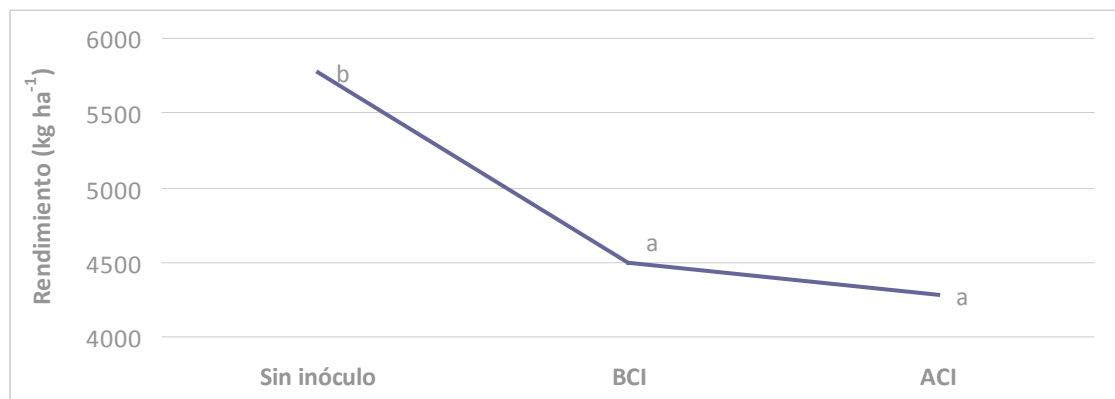


Figura 10: Medias de rendimiento en grano para los tratamientos sin inóculo, con baja concentración de inóculo (BCI) y alta concentración de inóculo (ACI). Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD $P \leq 0,05$).

Por su parte, el rendimiento evidenció diferencias significativas para los factores principales de inoculación y cultivares (Tabla 6). Así, los tratamientos de inoculación BCI y ACI disminuyeron de manera significativa el rendimiento (promedio 23,9%) en relación al testigo SI (5768 kg ha⁻¹), no observándose diferencias significativas entre ambas concentraciones (Fig. 10). Por otro lado, los cultivares que presentaron los menores niveles de rendimiento fueron KYarará, KGuerrero, BINTA3004 y Bag11 en tanto que SLE2330 presentó los mayores niveles con respecto a esta variable (Fig. 11).

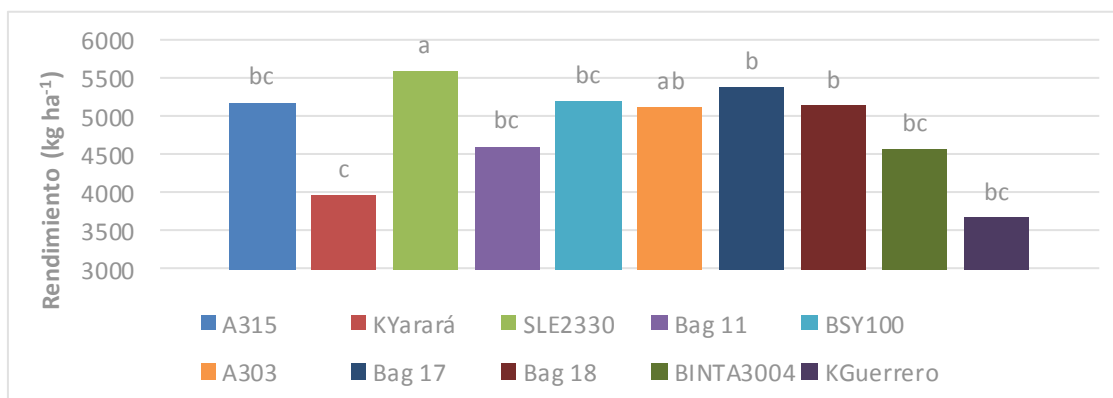


Figura 11: Medias del rendimiento en grano de los diferentes cultivares. Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD, $p=0,05$).

V.3. Contenido de proteínas en grano y gluten húmedo

En la Tabla 7 se presentan los resultados del ANAVA de los parámetros de calidad de CPG y gluten húmedo. El CPG sólo presentó diferencias significativas en los factores principales de inoculación y cultivares (Tabla 7). La enfermedad generó incrementos del CPG que se pueden observar a través de los mayores niveles de esta variable en los tratamientos inoculados (Fig. 12). En este sentido, solo los tratamientos con ACI se diferenciaron significativamente del tratamiento SI, lo cual incrementó el CPG en un 12,1% (Fig. 12). Por su parte, el CPG presentó diferencias significativas entre los cultivares evaluados con valores promedio de 12,6% en los cultivares de grupo de calidad 1, 11,5% para los de grupo de calidad 2 y de 10,8% para los de grupo de calidad 3.

Tabla 7: Cuadrados medios (ANAVA) y valores de p del contenido de proteínas en grano (CPG) y gluten húmedo en un ensayo de trigo inoculado con *P. tritici-repentis* con tres tratamientos de inoculación y diez cultivares.

Fuente de variación	GI	CPG	Gluten húmedo
Inoculación (I)	2	54152***	100**
Error a	4	1062	2,58
Cultivar (C)	9	2232***	365***
I × C	54	553	1,28
Error b	18	591	2,56
TOTAL	89		

(* valores de $p<0,05$; ** valores de $p<0,01$; ***valores de $p<0,001$)

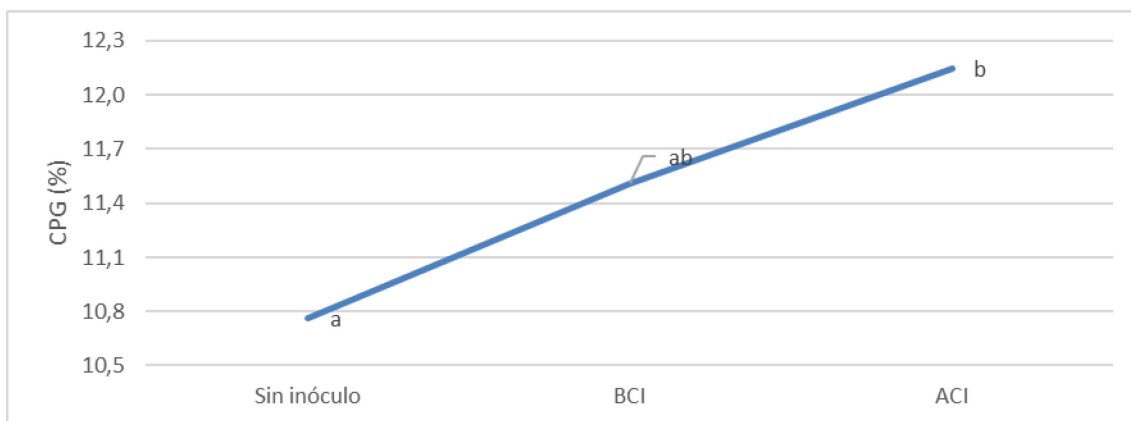


Figura 12: Medias del contenido de proteínas en grano (CPG) para los tratamientos sin inóculo (SI), con baja concentración de inóculo (BCI) y alta concentración de inóculo (ACI). Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD, $P \leq 0,05$).

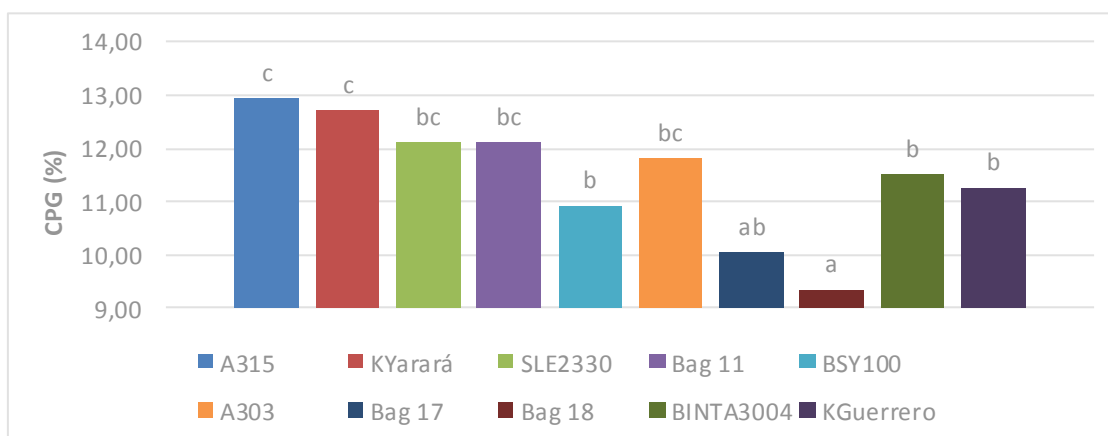


Figura 13: Medias del contenido de proteínas en grano (CPG) de los diferentes cultivares. Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD, $P \leq 0,05$).

Por su parte el gluten húmedo evidenció diferencias significativas entre los tratamientos con inoculación y los cultivares (Tabla 7). El gluten húmedo se incrementó de manera significativa en los tratamientos inoculados. En este sentido, la BCI incrementó los niveles de esta variable en un 7,0% en tanto que la ACI generó incrementos del orden del 15,7% en relación a tratamiento SI que presentó valores de 23,3% de gluten húmedo (Fig. 14). Por su parte, los cultivares presentaron diferencias altamente significativas de gluten húmedo siendo superiores en los cultivares de grupo 1 (promedio 33,5%), seguidos por los de grupos de calidad 2 (promedio 21,7%) y luego los de grupo de calidad 3 (promedio 21,2%) (Fig. 15).

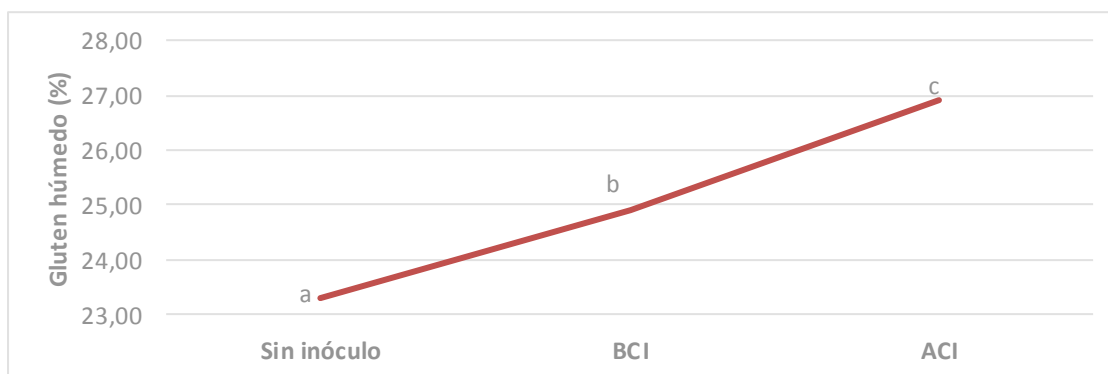


Figura 14: Medias del porcentaje de Gluten Humedo. Sin inóculo (SI), con baja concentración de inóculo (BCI) y alta concentración de inóculo (ACI). Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD, $p=0,05$).

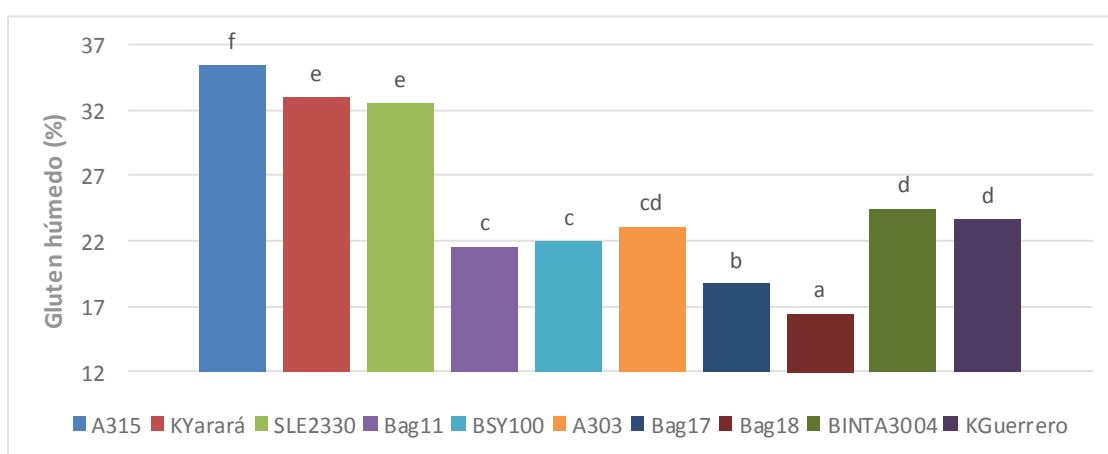


Figura 15: Medias del contenido de gluten húmedo de los diferentes cultivares. Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD, $p=0,05$).

V.4. Parámetros del alveograma

En la Tabla 8 se presentan los resultados del ANAVA de las variables reológicas de calidad panadera obtenidos con el alveograma. El P se incrementó en forma significativa ante incrementos de la concentración de inóculo. Así, la BCI aumentó este parámetro en un 2,7% en tanto que la ACI generó incrementos del orden del 6,1% en relación al tratamiento SI (9,24 mm) (Fig. 16). Por su parte, los cultivares presentaron diferencias altamente significativas de P siendo superiores en los cultivares de grupo 1 (promedio 132 mm), seguidos por los de grupos de calidad 2 (promedio 87,9 mm) y luego los de grupo de calidad 3 (promedio 75,5 mm) (Fig. 17).

Tabla 8: Cuadrados medios (ANAVA) y valores de p de la tenacidad de la masa (P), la extensibilidad (L), la relación P/L y la fuerza del gluten (W) en un ensayo de trigo inoculado con *P. tritici-repentis* con tres tratamientos de inoculación y diez cultivares.

Fuente de variación	Gl	P	L	P/L	W
Inoculación (I)	2	242**	533	0,003	102414*
Error a	4	6,92	98,7	0,043	9577
Cultivar (C)	9	7119***	278***	1,47***	178879***
I \times C	54	3,59	257	0,033	1756
Error b	18	6,16	461	0,062	323308
TOTAL	89				

(* valores de $p < 0,05$; ** valores de $p < 0,01$; ***valores de $p < 0,001$)

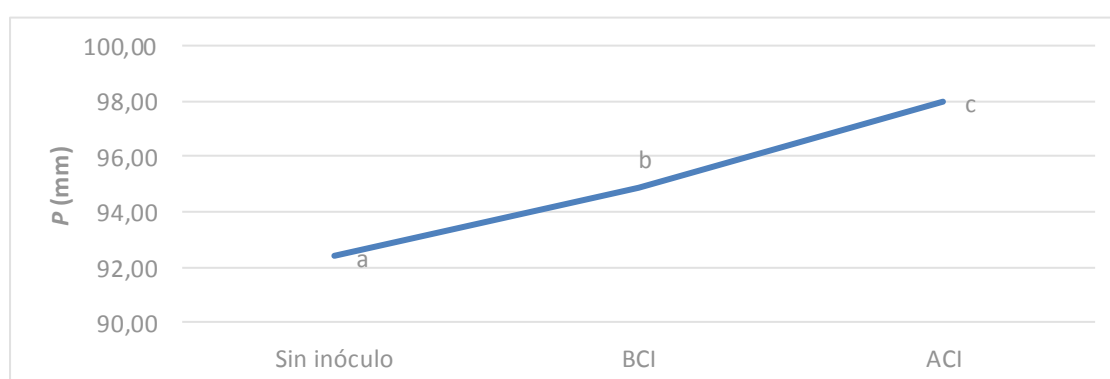


Figura 16: Medias de la tenacidad de la masa (P) para los tratamientos sin inóculo, con baja concentración de inóculo (BCI) y alta concentración de inóculo (ACI). Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD, $p=0,05$).

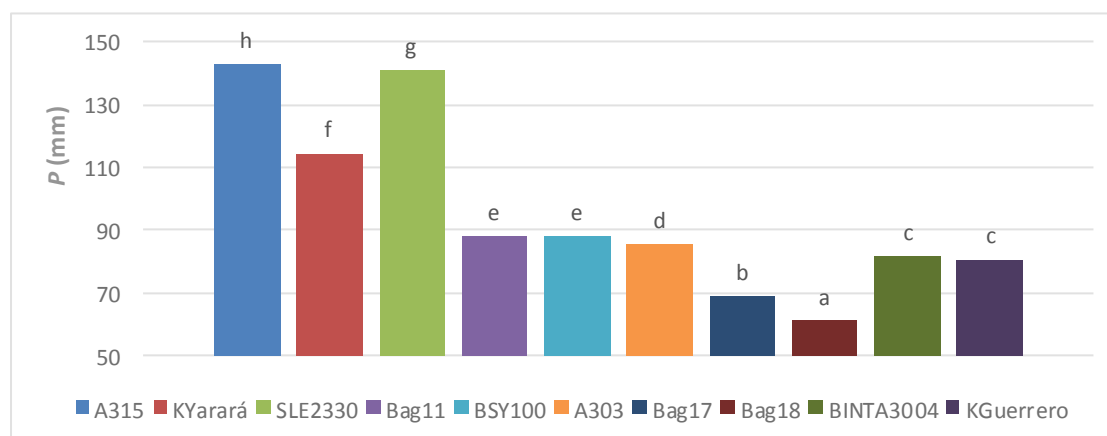


Figura 17: Medias de la tenacidad de la masa (P) de los diferentes cultivares. Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD, $p=0,05$).

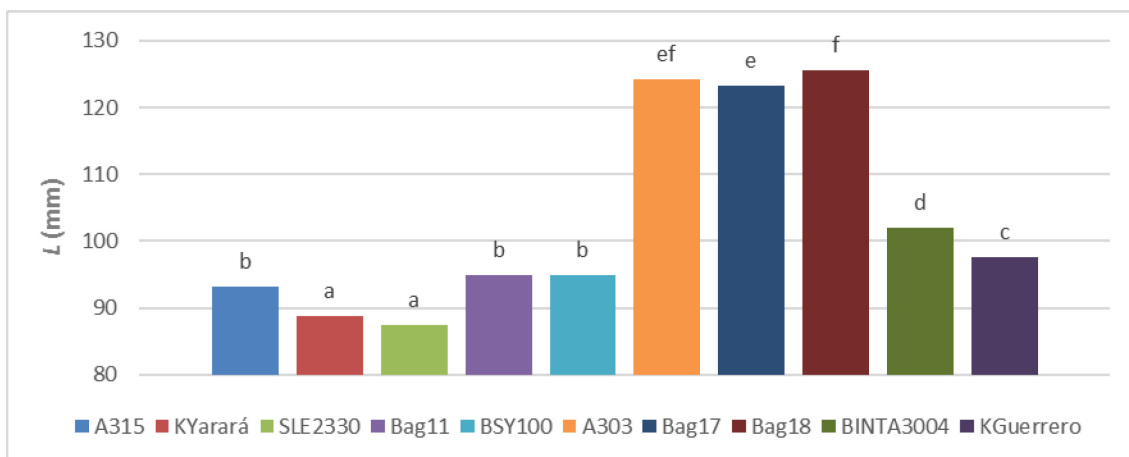


Figura 18: Medias de la extensibilidad de la masa (L) de los diferentes cultivares. Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD, $p=0,05$).

A diferencia del P , el parámetro L solo evidenció diferencias significativas entre cultivares (Tabla 8) cuyos valores fueron significativamente superiores en los cultivares A303, seguido por Bag17 y Bag18 (Fig. 18).

Por su parte, la relación P/L presentó diferencias significativas entre los distintos grupos de calidad, de modo que los mayores valores los arrojaron los de grupo de calidad 1, con una media de 1,54, seguidos por los cultivares del grupo de calidad 2, cuyo valor fue de 0,97 y 0,69 para los grupos de calidad 3 (Fig.19).

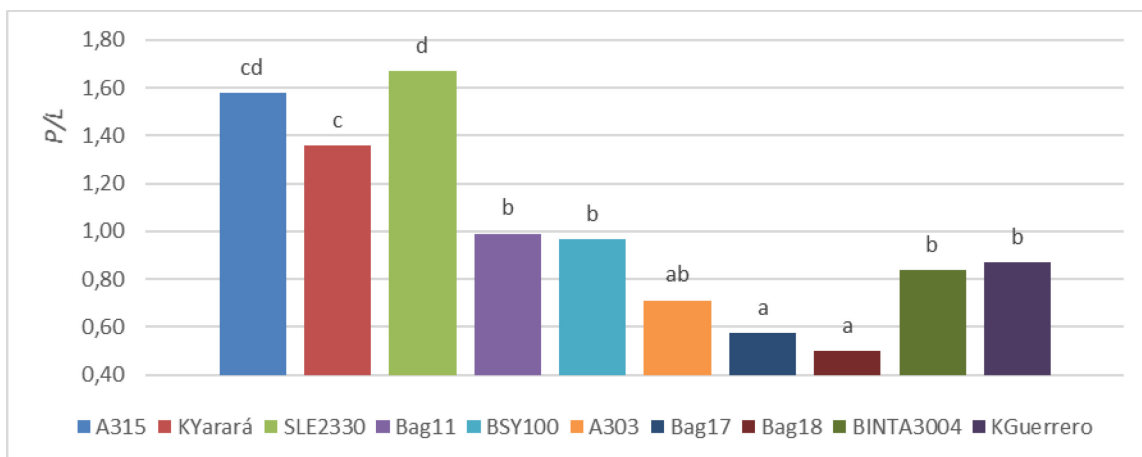


Figura 19: Medias de la relación tenacidad / extensibilidad de la masa (P/L) de los diferentes cultivares. Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD, $p=0,05$).

Para el parámetro W , hubo diferencias significativas entre el tratamiento y los tratamientos con BCI y ACI, para el caso de BCI el incremento fue de un 14,2% y un 30,1% para el caso de ACI (Fig. 20).

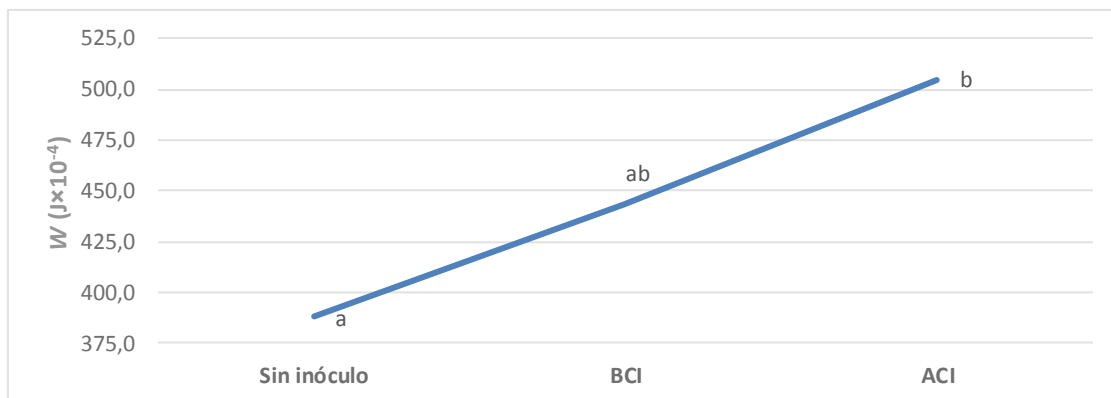


Figura 20: Medias de la fuerza del gluten (W) para los tratamientos sin inóculo (SI), con baja concentración de inóculo (BCI) y alta concentración de inóculo (ACI). Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD, $P \leq 0,05$).

Podemos observar que en el parámetro W , los cultivares presentaron diferencias altamente significativas siendo superiores en los cultivares de grupo 1 (promedio $621 \text{ J} \times 10^{-4}$), seguidos por los de grupos de calidad 2 (promedio $416 \text{ J} \times 10^{-4}$) y luego los de grupo de calidad 3 (promedio $352 \text{ J} \times 10^{-4}$) (Fig. 21).

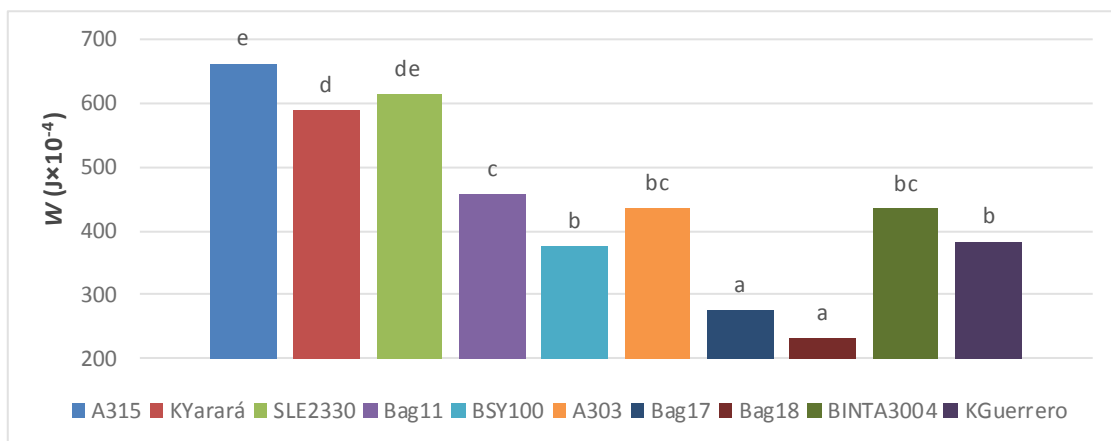


Figura 21: Medias de la fuerza del gluten (W) de los diferentes cultivares. Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD, $P \leq 0,05$).

V.5. Parámetros del farinograma

En la Tabla 9 se presenta el ANAVA de los parámetros del farinograma. El A se incrementó en un 4,07% para BCI respecto al testigo, en cuanto a ACI el incremento fue de 4,95% (Fig. 22).

Tabla 9: Cuadrados medios (ANAVA) y valores de p de la absorción de agua de la harina (A), del tiempo de desarrollo de la masa (B), de la estabilidad de la masa (D) del grado de ablandamiento de la masa (E), y del volumen del pan (VP) en un ensayo de trigo inoculado con *P. tritici-repentis* con tres tratamientos de inoculación y diez cultivares.

Fuente de Variación	GL	A	B	D	E	VP
Inoculación (I)	2	239**	1,86	0,562	141	67288**
Error a	4	6,71	1,92	0,80	72,7	2672
Cultivar (C)	9	190***	57,6***	117***	17755***	72202***
I \times C	54	1,97	3,95	1,66	120	696
Error b	18	5,83	3,66	2,54	815	1683
TOTAL	89					

(* valores de $p < 0,05$; ** valores de $p < 0,01$; ***valores de $p < 0,001$)

En la Fig. 23, se muestran las medias de A de los distintos cultivares, observando que algunos cultivares presentaron diferencias altamente significativas, siendo superiores en los cultivares de grupo 1 (promedio 65,8 ml), seguidos por los de grupos de calidad 2 (promedio 59,9 ml) y luego los de grupo de calidad 3 (promedio 58,4 ml).

El parámetro B presentó diferencias significativas entre cultivares (Tabla 9) siendo superiores en los cultivares de grupo 1 (promedio 10,7 min), seguidos por los de grupos de calidad 2 (promedio 6,33 min) y luego los de grupo de calidad 3 (promedio 5,69 min) (Fig. 24).

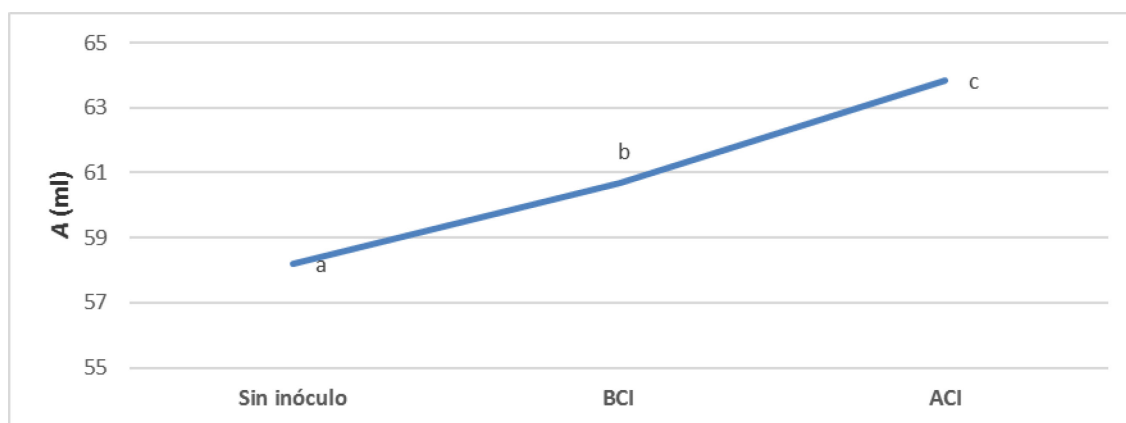


Figura 22: Medias de la absorción de agua de la harina (A) para los tratamientos sin inóculo (SI), con baja concentración de inóculo (BCI) y alta concentración de inóculo (ACI). Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD, $p = 0,05$).

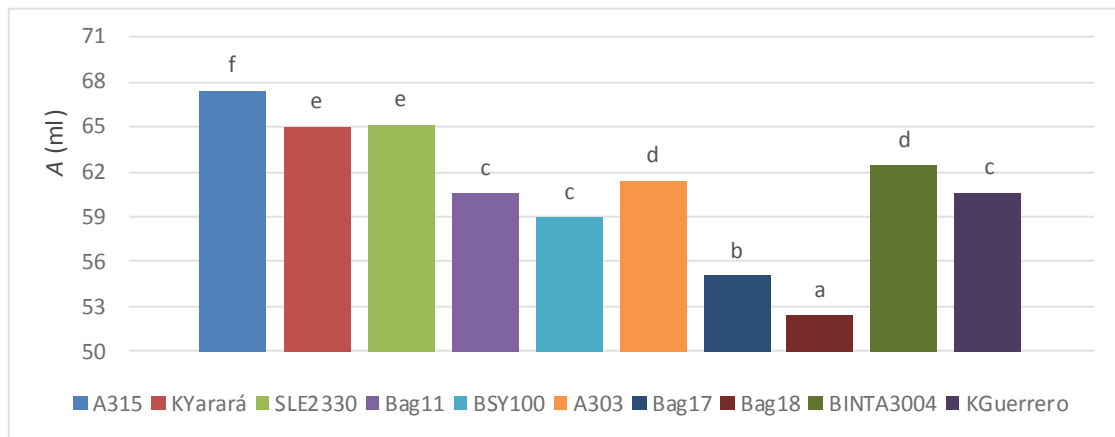


Figura 23: Medias de la absorción de agua (*A*) de los diferentes cultivares. Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD, $P \leq 0,05$).

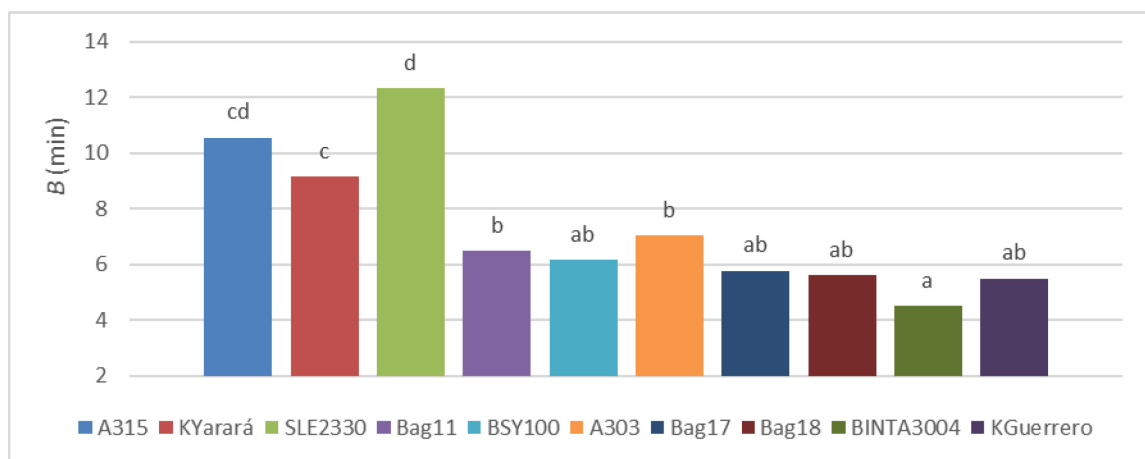


Figura 24: Medias del tiempo de desarrollo de la masa (*B*) de los diferentes cultivares. Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD, $P \leq 0,05$).

Lo mismo ocurrió con el *D*, el que solo evidenció diferencias significativas entre los cultivares (Tabla 9), siendo superiores en los de grupo de calidad 1 (promedio 14,8 min), seguidos por los de grupos de calidad 2 (promedio 9,76 min) y luego los de grupo de calidad 3 (promedio 7,74 min). Asimismo, los cultivares presentaron diferencias significativas en el *E* (Tabla 9), siendo superiores en los cultivares de grupo 3 (promedio 36,7 UB), seguidos por los de grupos de calidad 2 (promedio 70 UB) y luego los de grupo de calidad 1 (promedio 125 UB) (Fig. 26)

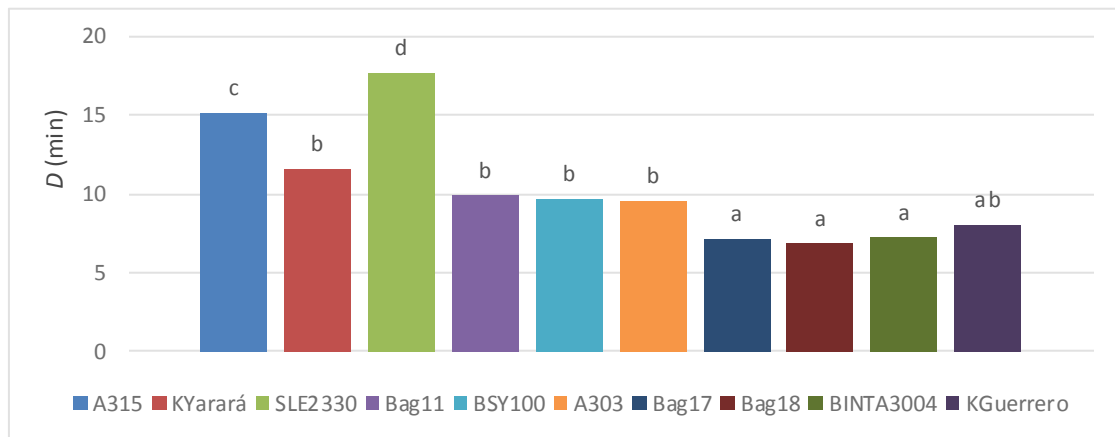


Figura 25: Medias de la estabilidad de la masa (D) de los diferentes cultivares. Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD, $p=0,05$).

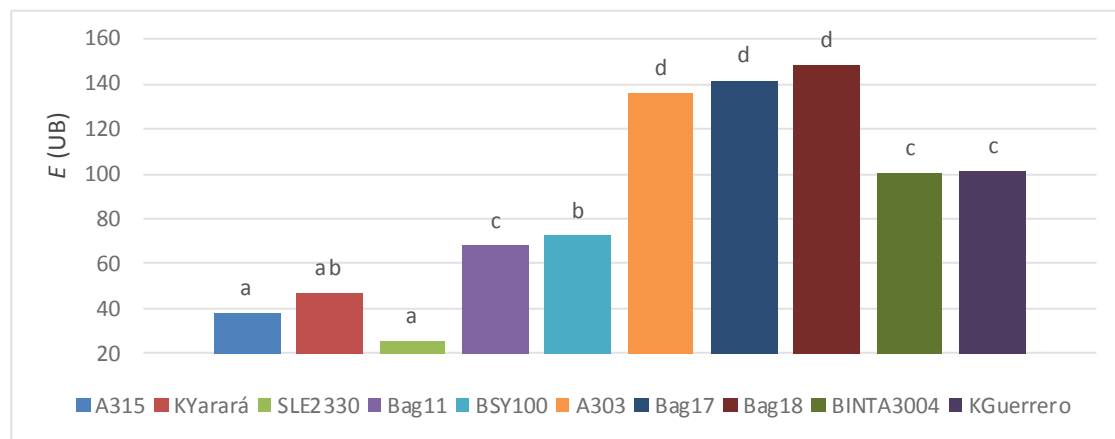


Figura 26: Medias del grado de ablandamiento (E) de los diferentes cultivares. Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD, $p=0,05$).

V.5. Volumen de pan

El volumen de pan estuvo afectado por los tratamientos con inoculación el cual se incrementó marcadamente ante incrementos de las concentraciones de inóculo. Así, la BCI aumentó un 8,56% esta variable y el ACI varió en un 19,2% con respecto al testigo SI. Por su parte, los cultivares presentaron diferencias significativas entre los distintos grupos de calidad (Tabla 9), de modo que los mayores valores los arrojaron los grupos de calidad 1 (promedio 642 cm³), seguidos por los cultivares del grupo de calidad 2 (promedio 524 cm³) y promedio 478 cm³ para los grupos de calidad 3 (Fig. 27).

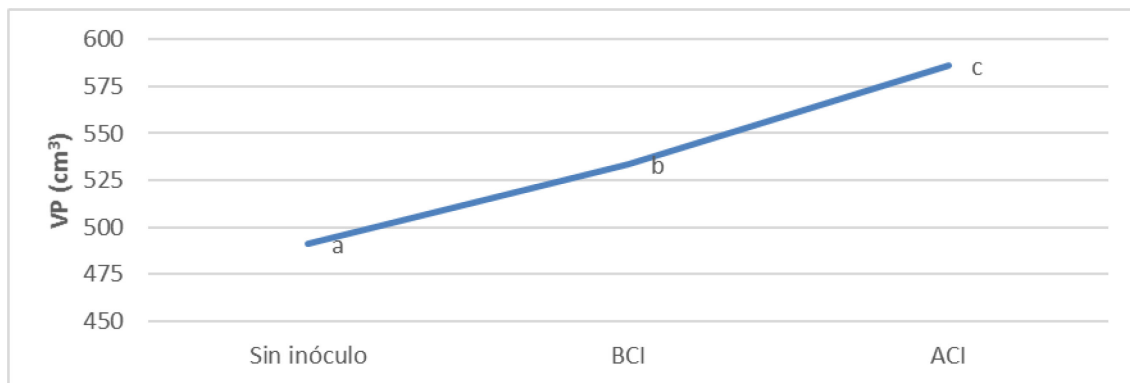


Figura 27: Medias del volumen de pan (VP) para los tratamientos sin inóculo (SI), con baja concentración de inóculo (BCI) y alta concentración de inóculo (ACI). Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD, $p=0,05$).

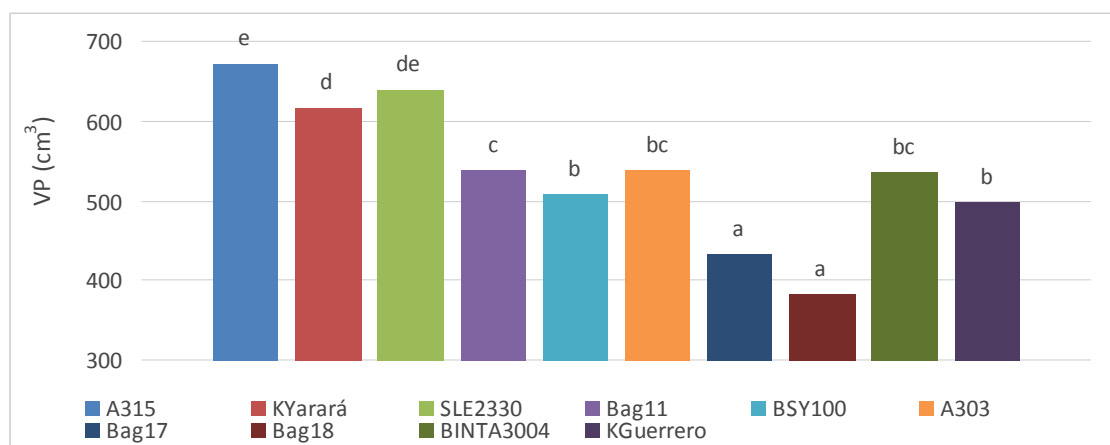


Figura 28: Medias del volumen de pan (VP) de los diferentes cultivares. Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD, $p=0,05$).

Por su parte, la correlación entre la variación del CPG entre los tratamientos de SI y ACI y el grupo de calidad no evidenciaron diferencias significativas y sólo pudo observarse una leve tendencia a presentar menores variaciones en los cultivares de mejor grupo de calidad (Grupo 1). Finalmente, los parámetros que mejor explicaron el volumen de pan fueron los alveográficos de P y P/L y el farinográfico de A ($C_p=2,93$; $R^2=84,84$).

VI. DISCUSIÓN

Las lluvias del mes de septiembre fueron importantes para la dispersión del inóculo, ya que se ve favorecida por las salpicaduras y favoreciéndose el transporte en una misma planta y a otras plantas. Los valores de severidad, fueron más elevados cuando se realizaron los tratamientos con inoculación y los resultados se reflejaron en mayores valores de ABCPE en relación al tratamiento sin inoculación, el cual presentó los menores niveles.

La presencia de patógenos foliares provoca disminuciones en la DAFV a partir del adelantamiento de la senescencia foliar o incrementos en la tasa de caída del IAFV. En el presente estudio, el IAFV se redujo significativamente en los tratamientos inoculados para todos los estadíos evaluados, lo que provocó una menor DAFV, coincidiendo con lo reportado en los distintos patosistemas por Waggoner & Berger (1987), Dimmock & Gooding (2002) y Parker *et al.* (2004). De la misma manera, Serrago *et al.* (2009) verificaron caídas de esta variable ante infecciones de diferentes patógenos foliares en los tratamientos inoculados. La evidencia en la literatura ha sugerido que el uso de la DAFV es muy útil como parámetro en trigo, dado que tienen en cuenta la estructura del canopeo que permite comparar entre diferentes genotipos y ambientes (Parker *et al.* 2004; Foulkes *et al.* 2006; Bingham *et al.* 2009; Castro & Simón, 2016)

La enfermedad foliar evaluada en el presente trabajo generó reducciones notorias en el rendimiento ante aumentos en la concentración de inóculo ensayadas. Si bien la influencia de *P. tritici repentis* sobre el rendimiento del trigo ha sido ampliamente documentada a nivel mundial, son escasos los trabajos que han tratado de explicar esta disminución tanto por reducciones en los componentes numéricos que lo conforman como por los cambios que estos patógenos producen en los sistemas responsables de la producción y distribución de asimilados dentro de la planta. Con respecto a la disminución del rendimiento frente a patógenos foliares Wegulo *et al.* (2012) comprobaron reducciones del 27% en el rendimiento frente a infecciones ocasionadas por *P. tritici-repentis*, en tanto que Sharma & Duveiller (2006) reportaron pérdidas en el rendimiento de hasta un 38% ante infecciones de *P. tritici-repentis* y *Bipolaris sorokiniana*. Las evidencias señalan que cuando predominan patógenos necrotróficos o hemibiotróficos como es el caso de las manchas foliares, la enfermedad suele ser más limitante para la acumulación de materia seca y por eso se

ve reducido el rendimiento en cultivos con enfermedades como mancha amarilla (Dimmock & Gooding, 2002; Gooding, 2006),

Respecto al contenido de proteína en grano CPG, éste es considerado uno de los principales determinantes de calidad panadera en trigo, entre otros (Reese *et al.*, 2007). Existen además los parámetros reológicos del alveograma y farinograma que determinan las propiedades físicas de la masa y que influyen muy fuertemente en la calidad panadera de la harina de trigo (Fleitas, 2017). En el presente estudio, el patógeno *P. tritici-repentis* generó incrementos del CPG en los tratamientos inoculados, explicados fundamentalmente por la reducción del área foliar fotosintéticamente activa. Contrariamente, en el testigo SI se observaron los menores niveles de esta variable. El CPG es el resultado tanto de la acumulación de carbohidratos como de proteínas, procesos que son independientes por lo que pueden existir efectos de dilución y concentración.

Además, en el presente trabajo se analizaron las variables alveográficas cuyos resultados han demostrado que el *P* se incrementó en forma significativa ante incrementos de la concentración de inóculo. Así, la BCI aumentó este parámetro en tanto que la ACI generó incrementos en relación al tratamiento SI. Por su parte, los cultivares presentaron diferencias altamente significativas de *P* siendo superiores en los cultivares de grupo 1 seguidos por los de grupos de calidad 2 y luego los de grupo de calidad 3. El *L* se incrementó marcadamente, ante los aumentos de las concentraciones de inóculo, tal es así que la BCI tuvo poco aumento y el ACI varió de manera similar. La relación *P/L* presentó diferencias significativas entre los distintos grupos de calidad, de modo que los mayores valores los arrojaron los grupos de calidad 1. Para el parámetro *W*, hubo diferencias significativas entre el tratamiento y los ensayos con BCI y ACI, para el caso de BCI el incremento fue menor que para el caso de ACI.

Con respecto a los parámetros del farinograma, el *A* se incrementó para BCI respecto al testigo, en cuanto a ACI el incremento fue similar. Además, los cultivares presentaron diferencias altamente significativas de este parámetro, con valores mayores en los grupos de calidad 1 seguidos por los grupos de calidad 2 y 3. Asimismo, se observaron marcados incrementos en el volumen de pan, ante los aumentos de las concentraciones de inóculo que probablemente se deban a los incrementos de las medias de *P* y *A*, ya que ambos parámetros, junto con la relación *P/L*, fueron los parámetros que más explicaron el volumen de pan. Respecto a los

cultivares éstos presentaron diferencias significativas entre los distintos grupos de calidad, de modo que los mayores valores los arrojaron los grupos de calidad 1, seguidos por los cultivares del grupo de 2 y 3. Estos resultados confirman que los grupos de calidad 1, son los que mejor responden en las variables de calidad analizadas.

VII. CONCLUSIONES

- La inoculación de plantas de trigo con *P. tritici-repentis* disminuyó el rendimiento por afectar de manera negativa el área foliar verde.
- La inoculación de plantas de trigo con *P. tritici-repentis* condujo a un incremento en el contenido de proteína en el grano, por un efecto de concentración al reducir los rendimientos.
- La concentración de proteína en los granos provenientes de plantas de trigo inoculadas con *P. tritici-repentis* condujo a modificaciones en las variables reológicas de calidad en comparación con los provenientes de plantas no inoculadas.
- Los cultivares de Grupo de calidad 1, presentaron variaciones menores del contenido de proteína en grano que los de grupo de calidad 2 y 3 cuando fueron inoculados con *P. tritici-repentis*

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Annone, J.G.; Botta, G.E. & Ivancovich, A. 1994. Ocurrencia de la mancha bronceada del trigo en el área norte de la provincia de Buenos Aires. In: III Congreso Nacional de Trigo y I Simposio Nacional de Cereales de siembra Otoño-Invernal. Dpto. de Agronomía, Universidad Nacional del sur, Asociación de ingenieros Agrónomos del Norte de la provincia de Buenos Aires, Bahía Blanca, Buenos Aires. 26-28 de Octubre de 1994. pp. 205-207.

Benbella, M. & Paulsen, G. 1998. Efficacy of Treatments for Delaying Senescence of Wheat Leaves: II. Senescence and Grain Yield under Field Conditions. *Agronomy Journal* 90: 332-338.

Bingham, I.J.; Walters D. R.; Foulkes M.J. & Paveley N.D. 2009 Crop traits and the tolerance of wheat and barley to foliar disease. *Annals of Applied Biology* 154: 159-173.

Bockus, W.W. & Davis, M.A. 1993. Effects of nitrogen fertilizers on severity of tan spot of winter wheat. *Plant Disease* 77: 508-510.

Castro, A.C. 2016. Efecto de la tolerancia a *Zymoseptoria tritici*, la fertilización nitrogenada y distintos fungicidas sobre la expresión del rendimiento y la calidad panadera del trigo. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UN La Plata, La Plata, Argentina. Pp. 246.

Castro A.C. & Simón M.R. 2016 Effect of tolerance to *Septoria tritici* blotch on grain yield, yield components and grain quality in Argentinean wheat cultivars. *Crop Protection* 90: 66-76.

Centro de Corredores y Agentes de la Bolsa de Cereales de Buenos Aires (CVABC), 2014. El trigo en Argentina y el mundo. Disponible en: <http://www.centrodecorredores.com/index.php/el-trigo-en-argentina-y-el-mundo>. Ultimo acceso: 14 de Diciembre de 2016.

Cotuna, O.; Paraschivu, M.; Paraschivu A.M. & Sărățeanu V. 2015. The influence of tillage, crop rotation and residue management on tan spot (*Drechslera tritici repentis*. Died. Shoemaker) in winter wheat. *Research Journal of Agricultural Science* 47:13 -21.

Cuniberti, M.B. 2011. Trigo: Muestreo en pre-cosecha y clasificación calidad industrial de variedades argentinas. Temas: Alimentos. (<http://inta.gob.ar/documentos/trigo-muestreo-en-pre-cosecha-y-clasificacion-calidad-industrial-de-variedades-argentinas>). Consultado en Abril de 2017.

Cuniberti, M.B. & Menella, D. 2004. Requerimientos industriales de trigo en Argentina. *IDIA XXI* 6:16-20.

Darwich, N.A & Darwich, G.A. 2004. Estrategias de fertilización para mejorar el rinde y la calidad industrial del trigo. Actas del Congreso "A Todo Trigo". 13 y 14 de Mayo de 2004, Mar del Plata Argentina. pp. 64- 65.

De la Horra, A.E.; Seghezzo, M.L.; Molfese, E.; Ribotta, P.D. & León A.E. 2012. Indicadores de calidad de las harinas de trigo: índice de calidad industrial y su relación con ensayos predictivos. *Agriscientia* 29: 81-89.

Dimmock, J.P.R.E. & Gooding, M.J. 2002. The influence of foliar diseases, and their control by fungicides, on the protein concentration in wheat grain: A review. *The Journal of Agricultural Science* 138: 349-366.

El Ergonomista, 2009. Monografía sobre Diabetes. <http://elergonomista.com/alimentos/calidad.htm>. Último acceso, Mayo de 2017.

Fisher, R.A. 1985. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *The Journal of Agriculture Science* 105: 447-461.

Food and Agriculture Organization, FAO. Naciones Unidas. 2016. Los primeros pronósticos de la FAO sobre los cereales en 2016/17 indican abundantes suministros, un comercio apagado y mercados contenidos. Disponible en: <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/> Último acceso: Abril de 2016.

Fleitas, M.C. 2011. Influencia de la mancha de la hoja, sobre el rendimiento y variables reológicas de calidad del grano de trigo. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina. 46 pp.

Fleitas, M.C. 2017. Tolerancia de cultivares de trigo a mancha amarilla y roya de la hoja: su impacto en el rendimiento y calidad panadera bajo fertilización nitrogenada y aplicación de fungicidas sistémicos. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UN de La Plata, La Plata, Argentina. 152 pp.

Foulkes M.J.; Paveley, N.D.; Worland, A.; Welham, S.J.; Thomas, J. & Snape, J.W. 2006 Major genetic changes in wheat with potential to affect disease tolerance. *Phytopathology* 96: 680–688

González Montaner, J.G. & Di Nápoli, M. 2005. Genotopic variability of commercial varieties of wheat bread in parameters of commercial and industrial quality. 7th International wheat Conference. 27 de Noviembre al 2 de Diciembre, Mar del Plata, Argentina. pp.72.

González Montaner, J.G. & Di Nápoli, M. 2007. Principales aspectos para el manejo de la calidad del cultivo. En: Producción de trigo. Satorre, E. Coord. Libros de AACREA, Buenos Aires. pp. 65-72.

Gooding, M.J. 2006. The effect of fungicides on the grain yield and quality of wheat. Actas del Congreso “A Todo Trigo” 18 y 19 de Mayo de 2006, Mar del Plata, Argentina. pp. 45-52.

Gooding, M.J., Smith, S.P., Davies, W.P. & Kettlewell, P.S. 1994. Effects of late-season applications of propiconazole and tridemorph on disease, senescence, grain development and the bread-making quality of winter wheat. *Crop Protection* 13: 362-370.

Greaney, F.J., Woodward, J.C. & Whiteside, A.G.O. 1941. The effect of stem rust on the yield, quality, chemical composition, and milling and baking properties of Marquis wheat. *Scientific Agriculture* 22: 40–60.

Intagri, 2015. Índice de Área Foliar, Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/cereales/el-indice-de-area-foliar-iaf#sthash.UVjyQwcl.dpbs>. Último acceso: 13 de Diciembre de 2016.

Juárez, Z. N.; Bárcenas – Pozos, M. E.; & Hernandez, L. R. 2014. El grano de trigo: Características generales y algunas problemáticas y soluciones a su almacenamiento. Universidad de las Américas Puebla. México. 81 pp.

Lezcano, E. 2010. Cadena de la harina de trigo. Disponible en: http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/farinaceos/Productos/HarinaTrigo_1ra_2011_09Sep.pdf Último acceso: Junio de 2016.

Mehta, Y.R. & Gaudencio, C.A. 1991. The effects of tillage practices and crop rotation on the epidemiology of some major wheat diseases. En: Wheat for the Nontraditional Warm Areas. Saunders, D.F. Ed. CIMMYT Mexico, D.F. pp. 266-283.

Miralles, D.J. & Slafer, G.A. 1990. Estimación del área foliar en trigo: Generación y validación de un modelo. 11vo Congreso Nacional de Trigo. Pergamino. Cap. I: 76-85.

Moreno, M.V. 2007. Caracterización cultural, patogénica y bioquímica de *Pyrenophora tritici-repentis* en la Argentina. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata. Tesis N° 910.

Moreno, M.V.; Stenglein, S.A. & Perelló, A.E. 2012. *Pyrenophora tritici-repentis*, Causal Agent of Tan Spot: A Review of Intraspecific Genetic Diversity. The Molecular Basis of Plant Genetic Diversity. pp. 297-330.

Otamendi, M. A. 2004. Demandas de calidad de trigo a nivel mundial. IDIA XXI 6:11-15.

Parker, S.R.; Welham, S.; Paveley, N. D.; Foulkes J. & Scott, R.K. 2004 Tolerance of Septoria leaf blotch in winter wheat. Plant Pathology 53: 1-10

Peña, R.J.; Ortiz-Monasterio, J.I. & Sayre, K.D. 1997. Estrategias para mejorar (o mantener) la calidad panadera en trigo de alto potencial de rendimiento. En: Explorando altos rendimientos de trigo. Kohli, M.M. & Martino, L.D., Ed. CIMMYT e INIA. 20-23 de Octubre, La Estanzuela, Colonia, Uruguay. 339 pp.

Rees, R.G. & Platz, G.J. 1980. The epidemiology of yellow leaf spot of wheat in Southern Queensland. Australian Journal of Agricultural Research 31: 259-267.

Rees, I.G. & Platz, G.J. 1983. Effects of yellow spot of wheat in Southern Queensland. Australian Journal of Agricultural Research 34: 39-46.

Rees, R.G.; Platz, G.J. & Mayer, R.J. 1982. Yield losses in wheat from yellow spot: Comparison of estimates derived from single tillers and plots. Australian Journal of Agricultural Research 33: 899-908.

Reese, C.L.; Clay D.; Beck D. & Englund R. 2007 Is protein enough for assessing wheat flour quality? Western Nutrient Management Conference, Salt Lake City, UT 7: 85-90.

Robert, C.; Bancal, M.O. & Lannou, C. 2004. Wheat leaf rust uredospore production on adult plants: influence of leaf nitrogen content and Septoria tritici blotch. Journal of Phytopathology 94: 712-721.

Rosegrant, M.V.; Agcaoili-Sombilla, A. & Pérez, N. 1995. Global Food Projections to 2020. Discussion Paper 5. IFPRI, Washington DC EE.UU. 54 pp.

Sah, D.N. 1994. Effects of leaf wetness duration and inoculum level on resistance of wheat genotypes to *Pyrenophora tritici-repentis*. Journal of Phytopathology 142: 324-330.

Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. 2016. Estimaciones Agrícolas. Informe Mensual al 21 de Abril de 2016. Disponible en: http://www.siaa.gob.ar/_informes/Estimaciones_Agricolas/Mensual/160421_Informe%20Mensual%20Estimaciones%20-%20Abr-2016.pdf Último acceso: Junio de 2016.

Serrago, R.; Bancal, M. & Miralles, D. 2004. Efecto de las enfermedades foliares sobre la generación de biomasa pos-antesis. VI Congreso Nacional de Trigo. 20-22 de Octubre, Bahía Blanca, Argentina. pp. 89-90.

Shaner, G.; & Finney, R.E. 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. Phytopathology 72:154-158.

Sharma RC.; Duveiller E.; Gyawali S.; Shrestha SM.; Chaudhary NK.;Bhatta MR (2006) Resistance to Helminthosporium leaf blight and agronomic performance of spring wheat genotypes of diverse origins. Euphytica, pp. 139: 33-44.

Sierra, H. 2012. Importancia del Trigo en la molinería Argentina. Seminario tecnológico internacional de molinería. pp5.

Simón, M.R.; Schalamuk, S. & Acciaresi, H.A. 2012. Material Didáctico uso interno Curso de Cerealicultura, FCAYF, UNLP. pp 3.

Sugliano, G 2017. Manejo de enfermedades en trigo. Disponible en: <http://www.agritotal.com/nota/409/>. Último acceso: 19/05/2017.

Tatipastry, 2012, <http://tatipastry.blogspot.com.ar/2012/03/normal-0-21-false-false-false-es-trad-x.html> (Último acceso: Abril de 2017).

Waggoner, P.E. & Berger, R. 1987. Defoliation, Disease and Growth. Phytopathology 77: 393-398.

Wegulo, S.N. 2012. Tan spot of cereals. The Plant Health Instructor. DOI: 10.1094/PHI-I-2011-0426-01. Disponible en: <http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/fungi/ascomycetes/Pages/TanSpot.aspx>. Último acceso: Abril de 2017

Wright, K.H. & Sutton, J.C. 1990 Inoculum of *Pyrenophora tritici-repentis* in relation to epidemics of tan spot of winter wheat in Ontario. Canadian Journal of Plant Pathology 12: 149-157

Zadoks, J.C.; Chang, T.T. & Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Research 14: 415-421.